

# **DISEÑO Y ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE UNA EMBARCACIÓN A VELA CRUCERO – REGATA DE 34 PIES DE ESLORA**

**Trabajo fin de grado**



Facultat de Nàutica de Barcelona  
Universitat Politècnica de Catalunya

Trabajo realizado por:

**Bartomeu Borràs Barceló**

Dirigido por:

**Inmaculada Ortigosa Barragán**

Grado:

**INGENIERÍA EN SISTEMAS Y TECNOLOGÍA NAVAL**

Barcelona, 10-07-2019

Departamento de Ciencias e Ingeniería Náutica



## Agradecimientos

A la Doctora Inma Ortigosa por la colaboración y seguimiento continuo a lo largo del proyecto.

A mis compañeros del CN s'Arenal, donde he crecido.

A mi familia, en especial a mi madre por acompañarme a navegar todos los fines de semana y a mi padre por inculcarme la pasión por el mundo de la navegación a vela.

## Abstract

The aim of this Final Project Degree is to design and study the behaviour of a sailing yacht for competition and for pleasure too. To carry out this project, first it has been studying other sailing boats for similar lengths. The main dimensions are calculated, and the shape are optimized to get a faster boat as possible with Maxsurf modeler.

Next, an exhaustive study of the systems that the boat has, we have been able to design the structure of the boat with the help of the Composelt software for scantling yachts. Then we design the sails, the engine, the mast, the boom, the rudder, etc.

Finally, the stability of the boat had been calculated and it's tested if it is accord to the rules. At the end, the main dimensions are showed, and they are compared with similar boats. Also, we have done some layouts about the structure and the interiors. With the Rhinoceros 3D software, we could make a 3D design concept.



## Resumen

Este Proyecto consiste en realizar el diseño de una embarcación a vela de aparejo Marconi y vela bermudiana. El objetivo es diseñar una embarcación que pueda ser para hacer regatas donde se tratará de hacer un diseño que sea ligero y rápido.

La embarcación tendrá una eslora de 34 pies. El resto de las dimensiones serán determinadas mediante un estudio de regresión partiendo de una base de datos de embarcaciones con las cuales queremos comparar nuestra embarcación.

El proceso de diseño consistirá en realizar el espiral de proyecto, aunque solamente se realizará la primera vuelta de la espiral, al final de todo se planteará como seguiría el proyecto, que parámetros se deberían de variar con el fin de lograr una mejor optimización.

Se diseñará la carena con el programa Maxsurf Modeler, luego se hará un diseño de la cubierta y de la bañera con Rhinoceros, aunque será un diseño sin detallar elementos solamente para tener un concepto de cómo será la embarcación y ver su distribución general.

El escantillonado de la embarcación se calculará mediante el programa ComposeIT. Mientras que las presiones que se le aplicarán a la embarcación serán calculadas mediante lo que establece la norma ISO 12215-51.

Una vez el casco sea diseñado y su estructura segura, se procederá al diseño de las velas, la orza y el timón, la jarcia y el mástil.

En el momento que ya esté totalmente definida la embarcación se verificará su estabilidad en base a la norma ISO 12217-2 y se completarán todos los puntos establecidos en esta norma para una categoría de diseño B.

Se realizarán los planos del plano de formas, de la estructura, del plano vélico, del mástil, de la disposición general, del sistema eléctrico, del sistema sanitario, etc. Con el programa Autocad.

## ÍNDICE

Agradecimientos .....	3
Abstract .....	4
Resumen.....	5
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	9
ÍNDICE DE TABLAS .....	11
Introducción .....	12
Normativa.....	13
1. Dimensionamiento de la embarcación .....	14
2. Determinación del plano vélico.....	21
3. Análisis de la resistencia al avance.....	29
4. Diseño de la carena .....	35
5. Escantillado .....	43
5.1 Presión de fondo de los veleros .....	46
5.2 Presión en los costados del velero .....	48
5.3 Presión de la superestructura del velero .....	50
5.4 Cálculo de las presiones de cubierta .....	51
5.5 Presiones de escantillado y refuerzos.....	52
5.6 Requisitos para los refuerzos de la plancha de quilla .....	54
5.7 Longitudinales de fondo.....	54
5.8 Longitudinales de costado.....	55
5.9 Varengas de fondo .....	56
5.10 Cuadernas.....	56
5.11 Refuerzos de la cubierta.....	58
5.12 Mamparos .....	58
5.13 Cálculo de las presiones en mamparo estanco .....	59
6. Diseño de la quilla .....	61
6.1 Diseño del bulbo.....	63
6.2 Cálculo de los pernos de la orza .....	64
7. Diseño del timón .....	68
7.1 Cálculo de la mecha del timón .....	70
8. Diseño de la cubierta.....	73
8.1 Bañera .....	73
8.2 Cabina.....	73
8.3 Pasillos.....	73
8.4 Triángulo de proa .....	74

9. Hardware de cubierta .....	75
9.1 Winches .....	75
9.2 Carriles de escotero.....	75
9.3 Mordazas y stoppers .....	76
9.4 Desvíos de cubierta .....	76
9.5 Anillos de trimado .....	77
10. Construcción del aparejo .....	78
10.1 Jarcia firme .....	78
10.1.2 Obenques .....	78
10.1.3 Forestay.....	79
10.1.4 Backstay.....	79
10.1.5 Cadenotes.....	79
10.2 Tipo de aparejo .....	80
10.3 Distribución de la superficie vélica.....	80
11. Diseño del aparejo.....	83
11.1 Construcción del mástil .....	85
11.2 Cálculo de los obenques.....	89
11.3 Cálculo de las fuerzas de los stays.....	91
11.4 Cálculo del mástil .....	91
11.5 Tope de palo.....	93
11.6 Cálculo de las crucetas .....	94
11.7 Cálculo de la botavara .....	96
11.8 Secciones y dimensionamiento de los cables de la jarcia .....	97
11.9 Dimensionamiento del mástil .....	98
11.10 Dimensionamiento de la botavara .....	99
11.11 Dimensionamiento del botalón.....	100
12. Dimensionamiento del motor .....	103
12.1 Dimensionamiento del motor térmico.....	103
12.2 Dimensionamiento motor eléctrico .....	104
13. Dimensionamiento de las baterías.....	107
14. Sistemas de la embarcación .....	111
14.1 Sistema de achique .....	111
14.2 Sistema de agua dulce.....	111
14.3 Sistema de combustible .....	112
14.4 Sistema eléctrico .....	112
14.5 Sistema de aguas negras .....	113

15. Cálculo de pesos y centro de gravedad.....	114
16. Estabilidad .....	117
16.1 Ángulo de inundación.....	118
16.2 Energía mínima de adrizamiento y ángulo de estabilidad nula .....	118
16.3 Cálculo del valor STIX .....	119
17. Consideraciones medioambientales .....	122
18. Valoración económica .....	123
19. Conclusiones.....	125
20. Bibliografía .....	126
21. Anexos.....	128

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Gráfico relación eslora - manga, fuente propia .....	16
Ilustración 2: Gráfico relación eslora total y la eslora de flotación fuente propia.....	16
Ilustración 3: Gráfico relación manga - desplazamiento, fuente propia.....	17
Ilustración 4: Gráfico relación eslora de flotación – calado, fuente propia.....	17
Ilustración 5: Gráfico 5 eslora de flotación – puntal, fuente propia .....	18
Ilustración 6- medidas de las velas.....	21
Ilustración 7: Gráfico calado-superficie vélica, fuente propia .....	23
Ilustración 8: Gráfico superficie vélica – lastre, fuente propia .....	23
Ilustración 9: Gráfico eslora - superficie vélica, fuente propia .....	24
Ilustración 10: Gráfico eslora - superficie foque, fuente propia .....	24
Ilustración 11: Gráfico superficie del foque - J, fuente propia.....	25
Ilustración 12: Gráfico eslora - superficie mayor, fuente propia .....	25
Ilustración 13: Gráfico eslora - (J+E) fuente propia.....	26
Ilustración 14: Gráfico I - P, fuente propia .....	26
Ilustración 15: Gráfico J - I, fuente propia .....	27
Ilustración 16: fuerza de las velas, fuente: internet.....	29
Ilustración 17: flujo de una embarcación, fuente: apuntes de Proyectos navales .....	30
Ilustración 18: flujos a lo largo de un perfil, fuente: apuntes de Proyectos navales .....	31
Ilustración 19: olas de Kelvin, fuente: apuntes de Proyectos navales .....	32
Ilustración 20: gráfico resistencia por olas – número de froude, fuente: apuntes de Proyectos navales.....	34
Ilustración 21: diseño de la carena, fuente propia .....	37
Ilustración 22: resultados de la carena diseñada en maxsurf modeler .....	37
Ilustración 23: resultado de la resistencia al avance realizado con maxsurf resistance.....	39
Ilustración 24: Campo de olas realizado con maxsurf resistance .....	40
Ilustración 25: curva de áreas sin apéndices de la carena .....	40
Ilustración 26: gráfico resistencia – velocidad realizado con maxsurf resistance .....	41
Ilustración 27: gráfico potencia – velocidad realizado con maxsurf resistance.....	41
Ilustración 28: partes del laminado de una embarcación, normativa ISO 12215 .....	44
Ilustración 29: tabla de valores $K_{DC}$ , Normativa ISO 12215.....	44
Ilustración 30: Laminación del fondo con Composelt.....	48
Ilustración 31: laminación del costado programa, ComposelT.....	49
Ilustración 32: Valores $K_{SUP}$ de la Normativa ISO 12215 .....	50
Ilustración 33: laminación de la cubierta con el programa composeIT .....	52
Ilustración 34: laminación refuerzo longitudinal Web, programa composeIT .....	53
Ilustración 35: laminación refuerzo longitudinal flange, programa composeIT .....	54
Ilustración 36: Dimensiones refuerzos longitudinales de fondo, fuente propia.....	55
Ilustración 37: Dimensiones refuerzo longitudinal de costado, fuente propia.....	55
Ilustración 38: dimensiones varenga de fondo, programa composeIT.....	56
Ilustración 39: dimensiones cuadernas, programa composeIT .....	57
Ilustración 40: dimensiones cuaderna maestra, programa composeIT.....	57
Ilustración 41: dimensiones refuerzos de la cubierta, programa composeIT.....	58
Ilustración 42: resultado del laminado del mamparo de colisión.....	59
Ilustración 43: dimensiones mamparo de colisión .....	60
Ilustración 44: estructura de la embarcación, fuente propia .....	60
Ilustración 45: estructura de la embarcación 2, fuente propia .....	60

Ilustración 46: formas del timón, fuente: internet .....	70
Ilustración 47: winch .....	75
Ilustración 48: escotero vela mayor .....	76
Ilustración 49: stoppers.....	76
Ilustración 50: desvíos.....	77
Ilustración 51: anillos de trimado.....	77
Ilustración 52: obenques.....	78
Ilustración 53: stay de proa.....	79
Ilustración 54: cadenotes .....	80
Ilustración 55: Nomenclatura de los obenques .....	90
Ilustración 56: catálogo secciones, fuente: Seldén .....	99
Ilustración 57: catálogos de secciones fuente: seldén.....	100
Ilustración 58: cálculo del botalón fuente: Seldén.....	100
Ilustración 59: esfuerzos del botalón .....	101
Ilustración 60: catálogo botalón de aluminio fuente: seldén .....	101
Ilustración 61: catálogo de secciones del botalón fuente: seldén .....	102
Ilustración 62: sistema del motor eléctrico fuente: OceanVolt .....	105
Ilustración 63: catálogo de motores fuente: OceanVolt.....	105
Ilustración 64: catálogo de precios fuente: OceanVolt.....	106
Ilustración 65: catálogo de baterías AMG fuente: internet .....	110
Ilustración 66: resultados del ángulo de inmersión, fuente propia .....	118
Ilustración 67: resultado de los brazos adrizantes, fuente propia.....	118
Ilustración 68: estabilidad dinámica, fuente propia .....	119
Ilustración 69: resultados STIX, fuente propia .....	120

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: base de datos de las características del barco .....	15
Tabla 2: Dimensiones del casco según la estadística .....	19
Tabla 3: Base de datos de las características de las velas .....	22
Tabla 4: Dimensiones de las velas según la estadística.....	28
Tabla 5: Rango de valores de las series de Delf, fuente: “The principles of yacht design” .....	36
Tabla 6: Verificación de los datos de nuestra embarcación con las series de Delf.....	38
Tabla 7: Resultados de la presión en los paneles del fondo .....	47
Tabla 8: Resultados de las presiones en los paneles del costado .....	49
Tabla 9: Resultados de las presiones en la superestructura .....	50
Tabla 10: Resultados de las presiones de la cubierta .....	51
Tabla 11: Resultados finales del plano vélico.....	82
Tabla 12: Tensiones de los obenques .....	90
Tabla 13: Dimensionamiento de los obenques altos y bajos, y de los stays, fuente propia.....	98
Tabla 14: equipos eléctricos a bordo, fuente propia .....	108
Tabla 15: balance eléctrico navegando, fuente propia.....	108
Tabla 16: Balance eléctrico fondeado, fuente propia .....	109
Tabla 17: balance eléctrico en emergencia, fuente propia.....	109
Tabla 18: Peso y CDG en rosca .....	115
Tabla 19: Desplazamiento .....	116

## Introducción

Las embarcaciones de recreo propulsadas a vela han experimentado un crecimiento enorme alargando sus esloras cada vez más, a medida que nuevos sistemas de producción y la incorporación de nuevas tecnologías iban apareciendo.

El concepto de crucero – regata se ha hecho muy popular en las embarcaciones a vela ya que puede ser muy polivalente en sus prestaciones, pudiendo incluso ser cómodamente navegable en cualquier circunstancia.

Después de que las embarcaciones de algunas competiciones de vela como la *volvo ocean race* o la *Copa América* de vela hayan investigado tanto y como resultado han obtenido unas embarcaciones con unas prestaciones increíbles. Los diseños más actuales de veleros han sabido coger parte de las ideas y conceptos de estas competiciones e implementarlas a los veleros de esloras pequeñas.

Es por este motivo, que se decidió realizar un diseño tan conceptual y moderno para competir con la competencia en prestaciones y comodidad. Buscar el mayor equilibrio entre un velero que puede llegar a velocidades altas y a la vez poder navegar a motor o a vela de la manera más sencilla posible.

El principal objetivo de este proyecto es el de diseñar y estudiar el concepto de un velero de 34 pies de eslora crucero – regata. Para que pueda navegar bien en cualquier entorno especialmente en el mediterráneo.

Por otro lado, también cabe destacar los objetivos a nivel personal. En primer lugar, saber entender y manejar bien las distintas normativas con las que se rigen las estructuras de los veleros y también el de comprobar la estabilidad de esta misma embarcación para cada tipo de categoría de navegación.

El hecho de realizar el proyecto sobre esta temática parte de mi motivación personal de ampliar mis conocimientos sobre mi pasión, la navegación a vela, ya que es un tema con el que no hemos profundizado mucho a lo largo del Grado en Ingeniería en Sistemas y Tecnología Naval. Además de eso, es una de las muchas salidas profesionales que ofrece el sector naval.

Para la realización de este proyecto se han utilizado los programas como *Maxsurf* para realizar la carena y verificar la estabilidad, *Rhinoceros 3D design* para realizar el renderizado de la embarcación, el *Composelt* para el escantillonado, el *Autocad* para los planos. Además, se ha seguido la normativa Bureau veritas y la UNE-EN ISO, para que el trabajo pueda cumplir con la normativa vigente y no haya problemas en el diseño.



## Normativa

La normativa seleccionada para este tipo de embarcación se ha consultado en **Bureau veritas**, ya que es una de las más conocidas y utilizadas en este tipo de embarcaciones y en el sector entero. Es el único la utilización de un programa específico para realizar el laminado y escantillonado llamado *ComposeIT*. Además, ofrece la opción de visualización de sus documentos de una forma muy sencilla y didáctica, lo que la hace muy fácil de implementar en todo tipo de embarcaciones.

Otra normativa utilizada ha sido las normas internacionales ISO.

Se cita la normativa utilizada a lo largo del proyecto.

Ver bibliografía.



## 1. Dimensionamiento de la embarcación

El velero que se va a diseñar es un crucero el cual se prepara para poder realizar regatas y ser competitivo. La eslora que tendrá será de 34 pies, los barcos de esloras similares son barcos que no requieren de mucha tripulación, no suponen un gran sacrificio económico en comparación a esloras superiores a estas y, además, teniendo en cuenta la legislación vigente, pueden ser llevados con el título de Patrón de Embarcaciones de Recreo.

Para obtener el resto de las dimensiones del barco recurriremos a métodos estadísticos. Se construirá una base de datos de barcos con una función similar, es decir, cruceros diseñados con el objetivo de competir, con esloras similares a la que queremos hacer y con unas prestaciones similares a las que queremos incorporar a nuestro barco.

### 1.1 Dimensionamiento del casco

Una vez se tengan los barcos que se consideren unas dimensiones a seguir debido a su funcionalidad y velocidad, se dispondrán sus características en una base de datos. Seguiremos el método de regresión con el que se dispondrán de los cálculos más aproximados de las dimensiones que queremos para nuestra embarcación. Debido a que hemos realizado una base de datos de un número de barcos considerable, entre modelos antiguos, modelos más modernos, embarcaciones para regatas de altura o embarcaciones para que se puedan subir a un remolque, etc. Tomaremos una relación más amable y serán aquellas relaciones que den un coeficiente de correlación mayor a 0,8.

Las relaciones escogidas han sido aquellas que daban el mayor coeficiente de correlación y son las siguientes:

- Eslora/Manga ( $L_{OA}/B$ ).
- Eslora/Eslora de flotación ( $L_{OA}/L_{wl}$ )
- Manga/Desplazamiento ( $B/\Delta$ )
- Eslora de flotación/Calado ( $L_{wl}/T$ )
- Eslora de flotación/Puntal ( $L_{wl}/D$ )

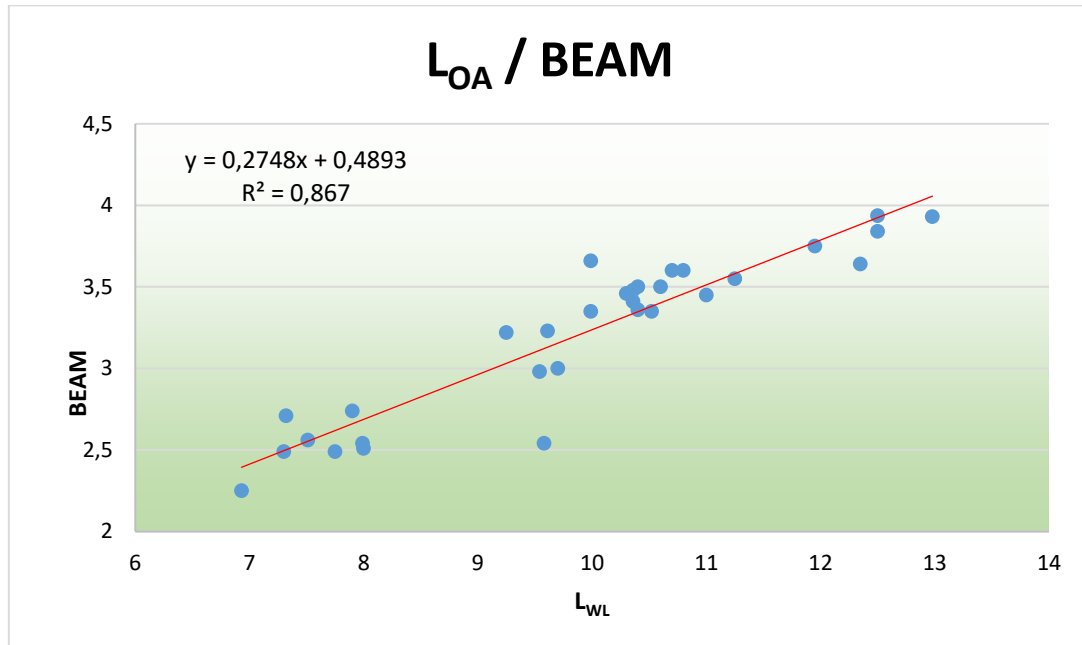
## Base de datos

	Modelo	LOA (m)	Lwl (m)	Manga (m)	Puntal (m)	Calado (m)	Francobordo (m)	Desplazamiento (Kg)	Lastre (Kg)	Potencia Motor (HP)	Superficie vélica ceñida
1	First Class 8	7,75	6,61	2,49	2,57	1,77	0,82	1406	522		29,27
2	Platu 25	7,51	6,76	2,56	2,53	1,58	0,95	1240	510		28,99
3	Melges 24	7,3	6,71	2,49	2,24	1,52	0,74	809	295		27
4	Melges 32	9,7	8,69	3	3,13	2,13	1,03	1712	712		51,49
5	J24	7,32	6,1	2,71	2,04	1,22	0,82	1406	431		24,27
6	J70	6,93	6,24	2,25	2,28	1,45	0,83	810	285		21,02
7	J80	8	6,71	2,51	2,44	1,49	0,95	1315	635		31,32
8	J105	10,52	8,99	3,35	3,17	1,98	1,98	3515	1542	20	53,61
9	Grand Surprise	9,54	8,93	2,98	3,52	2,05	1,47	2650	1050	19	56
10	Archambaut A40	11,95	10,54	3,75	3,79	2,5	1,29	6400	3100	29	78,64
11	Salona S41	12,5	11,45	3,84	4,01	2,68	1,33	7450	2400	40	111,1
12	Salona S33	9,99	9,14	3,35	3,14	2,15	1,14	4950	1100	21	69,5
13	First 31.7	9,61	8,8	3,23	3,02	1,9	1,12	3750	1025	21	52,5
14	First 25s	7,9	7,35	2,74	3,01	1,85	1,16	2150	650	14	38,8
15	First 36.7	11	9,22	3,45	3,37	2,19	1,18	5804	1745	29	77,38
16	First 27	7,99	7,99	2,54		2		1400	610	10	48
17	Sun fast 3600	11,25	10,8	3,55		2,13		4950	2000	21	69,77
18	L30	9,58	9,2	2,54		1,8		1820	740	8	
19	Hanse 348	10,4	9,55	3,5		1,95		6300		21	58,5
20	Dehler 34	10,3	9,6	3,46		2,1		5420	2100	21	71
21	Elan 340	10,36	9,99	3,48		2,1		4500	1385	30	59,56
22	Elan E3	9,25	8,71	3,22		2,15		3690	895	18	46,82
23	Elan E4	10,6	10,1	3,5		2,35		5265	1300	30	58,97
24	Azuree 33	9,99	9,56	3,66		1,9		5156	1550	21	60,21
25	Azuree 41	12,5	11,581	3,936		2,4		8363	3211	39	
26	Swan 42	12,98	11,84	3,93		2,7		7250	3196	40	95,59
27	Salona S35	10,4	9,16	3,36		2,15		5300	1200	21	69,5
28	X-34	10,36	9,09	3,41		1,9		5300	2200	20	59,39
29	X-41	12,35	10,69	3,64		2,5		6840	2730	40	98,3
30	Grand Soleil 34	10,7	10,7	3,6		2,18		4900	2200	18	71
31	JPK 10,80	10,8	9,4	3,6		2,2		4850	2150	18	73
32	Pogo 30	9,14	9,1	3,7		2,5		2800	945	18	60
33	Pogo 36	10,86	10,86	4		2,95		3800	1090	18	84

Tabla 1: base de datos de las características del barco

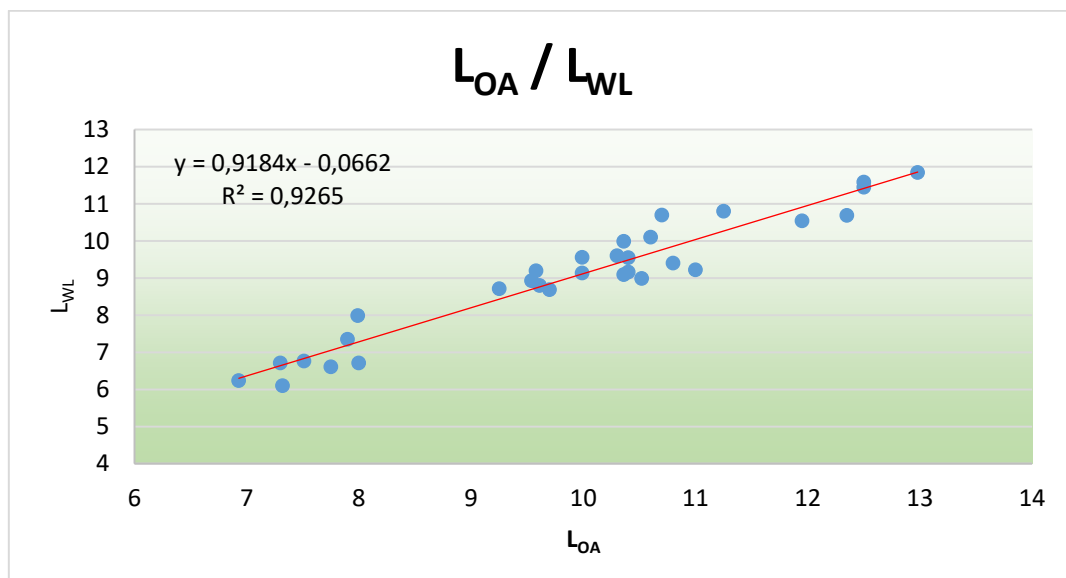
Para seguir con el dimensionamiento, se expondrán las gráficas referentes a las relaciones anteriores:

- Eslora/Manga ( $L_{OA}/B$ )



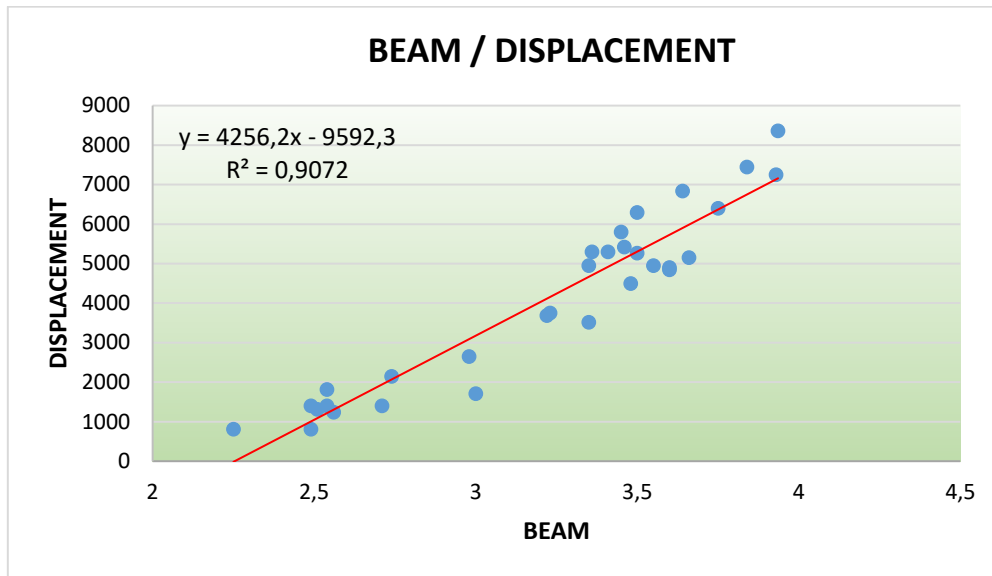
*Ilustración 1: Gráfico relación eslora - manga, fuente propia*

- Eslora/Eslora de flotación ( $L_{OA}/L_{WL}$ )



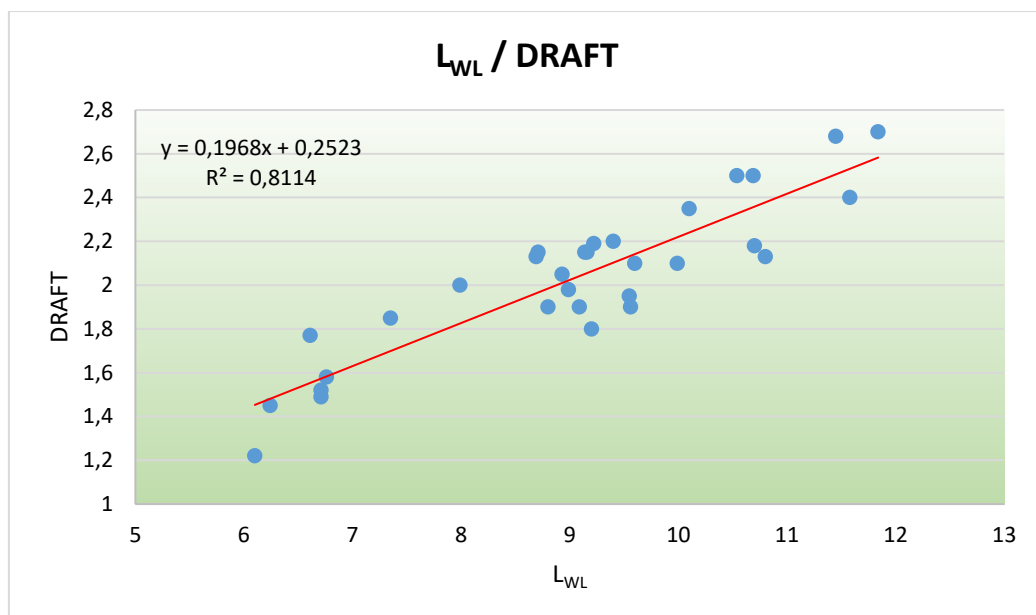
*Ilustración 2: Gráfico relación eslora total y la eslora de flotación fuente propia*

- Manga/Desplazamiento ( $B/\Delta$ )



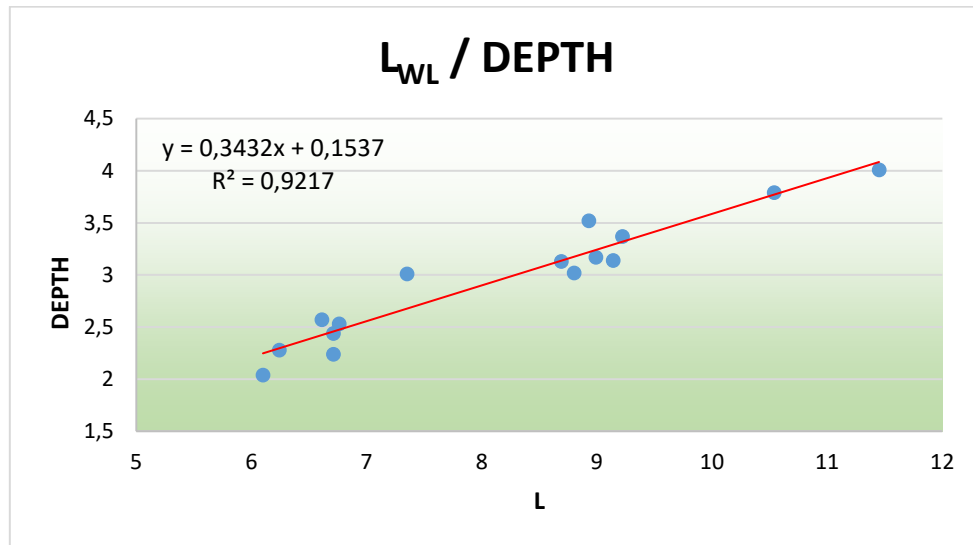
*Ilustración 3: Gráfico relación manga - desplazamiento, fuente propia*

- Eslora de flotación/Calado ( $L_{WL}/T$ )



*Ilustración 4: Gráfico relación eslora de flotación – calado, fuente propia*

- Eslora de flotación/Puntal ( $L_{WL}/D$ )



*Ilustración 5: Gráfico 1 eslora de flotación – puntal, fuente propia*

Para continuar, de los anteriores gráficos expuestos, se obtienen las siguientes relaciones de los parámetros:

- **$L_{OA} / \text{Manga}$**

$$B = 0,2748 \cdot L_{OA} + 0,4893$$

- **$L_{OA} / L_{WL}$**

$$L_{OA} = 0,9184 \cdot L_{WL} - 0,0662$$

- **$\text{Manga} / \text{Desplazamiento}$**

$$\Delta = 4262,2748 \cdot B - 9605,8836$$

- **$L_{WL} / \text{Puntal}$**

$$T = 0,3432186094 \cdot L_{WL} + 0,1536638121$$

- **$L_{WL} / \text{Calado}$**

$$D = 0,1968 \cdot L_{WL} + 0,2523$$

Parámetros	Valor	Unidades
L <sub>OA</sub>	10,36	m
L <sub>WL</sub>	9,45	m
B	3,34	m
D	3,40	m
T	2,11	m
Δ	4618,28	Kg

*Tabla 2: Dimensiones del casco según la estadística*

El calado de la embarcación es una relación a tener en cuenta ya que la mayor parte de la longitud es la orza de la embarcación. Esta longitud de la orza viene determinada por la superficie vélica y el peso del lastre. El lastre es una masa que se coloca al extremo de la orza que sirven para generar un momento adrizante para contrarrestar el momento escorante que crea el viento con las velas.

En otro apartado se dimensionarán los apéndices ya que nos faltan algunas dimensiones necesarias para poder hacerlo. Por lo que se seguirá definiendo el casco sin contar los apéndices.

Ya que no contamos con mucha información sobre los francobordos de los barcos y algunos de los barcos que hemos escogido son de diseño antiguo para realizar las gráficas anteriores, nos guiaremos por un valor estándar sacado del libro *"The principles of yacht design"* donde dice que un típico valor de *francobordo proa / francobordo popa* es de 1,3 que comparado con antiguos diseños de veleros es un valor más bajo. Los valores más modernos tienen una línea de francobordo más horizontal. También nos indica que un buen valor de *francobordo proa / eslora en la línea de flotación* es aproximadamente 0,123. Un buen valor de *francobordo de proa / eslora total* es de 0,13. Así que hemos cogido esta referencia y calcularemos nuestro francobordo con estos datos proporcionados.

- $\frac{\text{Francobordo de proa}}{\text{Eslora en la línea de flotación}} = 0,123$
- $\text{Francobordo de proa} = 0,123 \cdot \text{Waterline length} \rightarrow 0,123 \cdot 10,368 = 1,275\text{m}$
- Francobordo de proa = 1,275 m
- $\frac{\text{Francobordo de proa}}{\text{Francobordo de popa}} = 1,3$
- $\text{Francobordo de popa} = \frac{\text{Francobordo de proa}}{1,3} = \frac{1,275}{1,3}$
- Francobordo de popa = 0,98 m

Los resultados obtenidos en este cálculo no serán definitivos, pudiendo variar a lo largo del proyecto. Solo son valores orientativos

El ratio del lastre se mide dividiendo el peso de la quilla por el peso total de la embarcación. La mayoría de las embarcaciones reside en un rango entre 0,25 – 0,5. Este rango ha sido rebajado en los años más recientes ya que las nuevas formas de la quilla, incluyendo el bulbo, han hecho que puedan tener menos peso consiguiendo la misma estabilidad.

Nuestra embarcación tiene un *lastre* de 1608,18 kg y un peso de la embarcación total de 4618,28 kg. El lastre *ratio* de nuestra embarcación será de:

$$1608,18 / 4618,28 = 0,3477$$

Nuestra embarcación reside en el rango típico.

Desde que los barcos modernos tienen quillas cortas en su cuerda, es posible definir el *canoe body draft*, en español, el calado de canoa,  $T_C$ . Para definir el calado de canoa nos ayudaremos de una estadística descrita en el libro de “The principles of a yacht design”. Comparando con las correspondientes estadísticas, en los años 1970 – 1980 la gráfica de la expresión definida por  $L_{WL} / T_C$  daba un valor de media de aproximadamente 18. En los años posteriores, hasta el 2005, la media del valor de la expresión estaba entre 21 – 23. Los modelos más actuales de embarcaciones son incluso más poco profundos, pudiendo llegar por muchas embarcaciones a un valor de 30. El valor más recomendable depende de la  $L_{WL}$ , en barcos de hasta 15 metros de eslora, el resultado que se recomienda para la expresión  $L_{WL} / T_C$  de la embarcación es que sea de un valor de entre 18 y 25.

El resultado de la expresión de nuestra embarcación es de:

$$\frac{L_{WL}}{T_C} = \frac{10,383}{0,353} = 29,41$$

Nuestra embarcación tiene un valor muy alto, le hemos realizado unas formas muy redondas en todo el casco. Nuestro valor final se acerca a los barcos más modernos de sus mismas dimensiones.



## 2. Determinación del plano vélico

Como nuestra embarcación esta propulsada a vela, se quiere diseñar la superficie vélica de la embarcación y los distintos elementos que dependen de él. Se tienen que determinar los siguientes parámetros:

- Lastre
- Superficie vélica foque
- Superficie vélica mayor
- I
- J
- P
- E



*Ilustración 6- medidas de las velas*

Para poder determinar estos valores se realizará la misma acción que la determinación de las dimensiones del casco, mediante métodos estadísticos de la base de datos.

Para determinar el peso del lastre se tendrá en cuenta el momento adrizante que este genera. El momento que se genera es el producto del peso del lastre por la distancia al centro de gravedad. Este valor todavía no es conocido, pero se sabe su altura KG, suele estar cerca del centro de flotación. Por lo tanto, definiremos el momento adrizante como el producto del lastre por el calado de la embarcación.

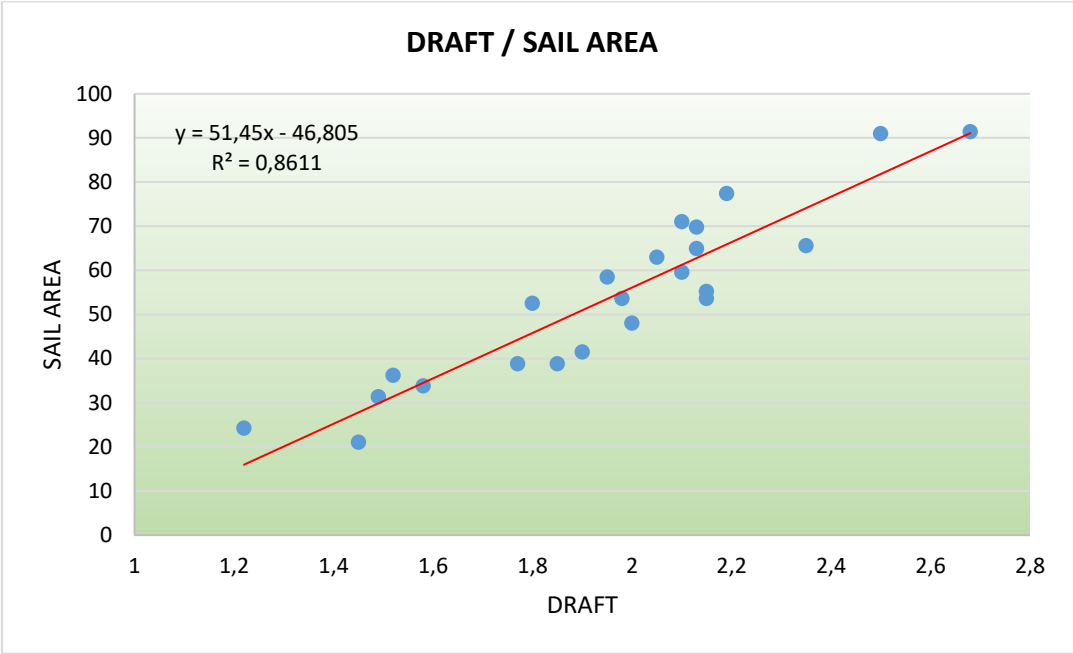
## Base de datos

	Modelo	Lastre	LOA (m)	Calado (m)	Superficie Mayor	P	E	Superficie Foque	I	J	J + E	Superficie Ceñida	Superficie SPI / GEN	Momento Adrizante lastre
1	First Class 8	515	7,75	1,77	20,3	10,05	3,4	18,5	8,72	2,8	6,2	38,8		901,25
2	Platu 25	520	7,51	1,58	21,2	9,4	3,65	12,6	9,1	2,6	6,25	33,8	52 /	821,6
3	Melges 24	286	7,3	1,52	24,5	8,81	3,79	11,7	8,49	2,42	6,21	36,2	/ 55,9	429
4	Melges 32	1250	9,7	2,13	41,3	13,41	4,69	23,6	12,16	3,29	7,98	64,9	/ 121	2625
5	J24	431	7,32	1,22	12,68	8,53	2,97	11,58	8	2,9	5,87	24,26		525,82
6	J70	285	6,93	1,45	11,472	7,97	2,88	9,55	8,16	2,34	5,22	21,022		413,25
7	J80	650	8	1,49	17,42	9,14	5,07	13,9	9,6	2,9	7,97	31,32		968,5
8	J105	1542	10,52	1,98	28,14	12,65	4,45	25,46	12,37	4,11	8,56	53,6		3053,16
9	Grand Surprise	1050	9,54	2,05	32	12,15	4,4	31	12,11	3,67	8,07	63	138 / 77	2152,5
10	Archambaut A40	2600	11,95	2,5	52	15,78	5,35	39	15,51	4,7	10,05	91		6500
11	Salona S41	2400	12,5	2,68	53,5	15,6	5,78	37,93	15,8	4,8	10,58	91,43	127 / -	6432
12	Salona S33	1480	9,99	2,15	30,19	12,5	4,38	25,02	13,03	3,84	8,22	55,21	-	2960
13	First 31.7	1025	9,61	1,9	21,07	10,8	3,9	20,42	11,87	3,44	7,34	41,49	70,36 / -	1947,5
14	First 25s	650	7,9	1,85	18,57	9,5	3,9	14,68	9,8	3	6,9	38,8	- / 56	1202,5
15	First 36.7	1700	11	2,19	32,88	13,85	4,75	28,12	14,15	3,97	8,72	77,38	95,03 /	3723
16	First 27	610	7,99	2	28			20				48	- / 80	
17	Sun fast 3600	2000	11,25	2,13	36,8			33				69,8	100	
18	L30	740	9,58	1,8	29,8			22,7				52,5	/ 83	
19	Hanse 348		10,4	1,95	35,5			23				58,5	81,6 / -	
20	Dehler 34	2100	10,3	2,1	41	14	4,95	30	13,9	3,87	8,82	71	77 / 100	
21	Elan 34	1450	10,36	2,1	33,07	12,78	4,5	26,49	13,49	3,67	8,17	59,56	85,4 / -	
22	Elan E3	895	9,25	2,15	30,15	12,05	4,13	23,47	12,25	3,58	7,71	53,62	/ 75	
23	Elan E4	1385	10,6	2,35	35,91	13,49	4,63	29,68	13,77	4,03	8,66	65,59	/ 110	
24	Azuree 33	1550	9,99	1,9										
25	Azuree 41	3211	12,5	2,4										
26	Swan 42	3196	12,98	2,7	61,4	17,24	5,77	47,8	18	5,01	10,78	109,2	/ 185	
27	Salona S35	1200	10,4	2,15										
28	X-34	2200	10,36	1,9	40,3	14,05	4,7	27,6	14,29	3,7	8,4	67,9		
29	X-41	2730	12,35	2,5	54,5	16,25	5,5	43,8	17,03	4,91	10,41	98,3	/ 147,6	
30	Grand Soleil 34	2200	10,7	2,18	40			31				71	100 / -	
31	JPK 10,80	2150	10,8	2,2	40	13,87	4,63	33	14,01	4,32	8,95	73	120/105	
32	Pogo 30	945	9,14	2,5	34	12,3	4,33	26	11,8	4,2	8,53	60	92	
33	Pogo 36	1090	10,86	2,95	45			39				74		

Tabla 3: Base de datos de las características de las velas

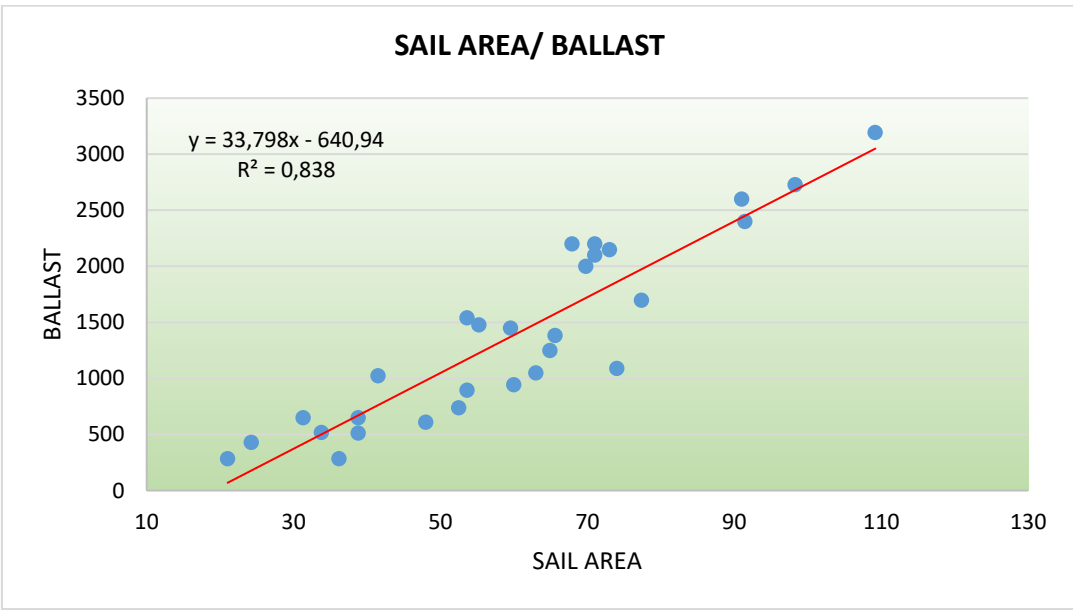
Las relaciones escogidas han sido aquellas que daban el mayor coeficiente de correlación y son las siguientes:

- Calado / Superficie vélica



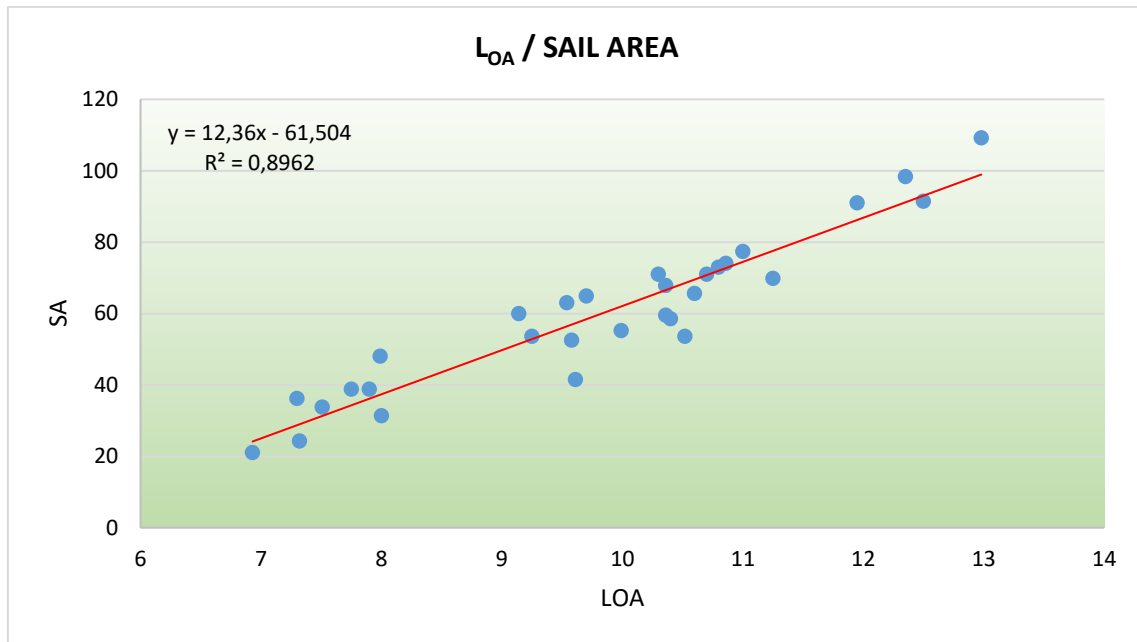
*Ilustración 7: Gráfico calado-superficie vélica, fuente propia*

- Superficie vélica / Lastre



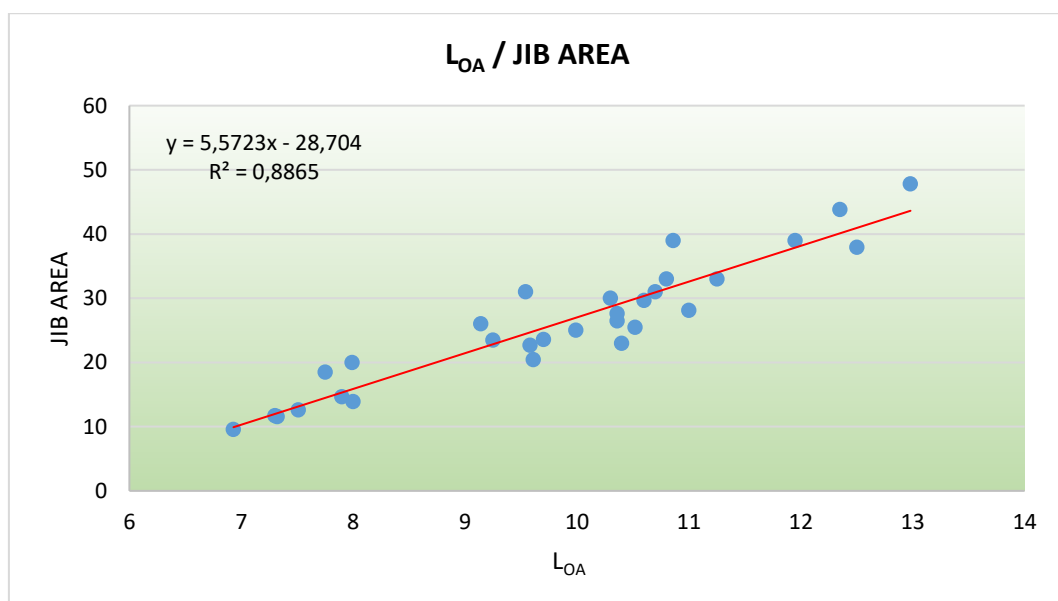
*Ilustración 8: Gráfico superficie vélica – lastre, fuente propia*

- $L_{OA}$  / Superficie vélica



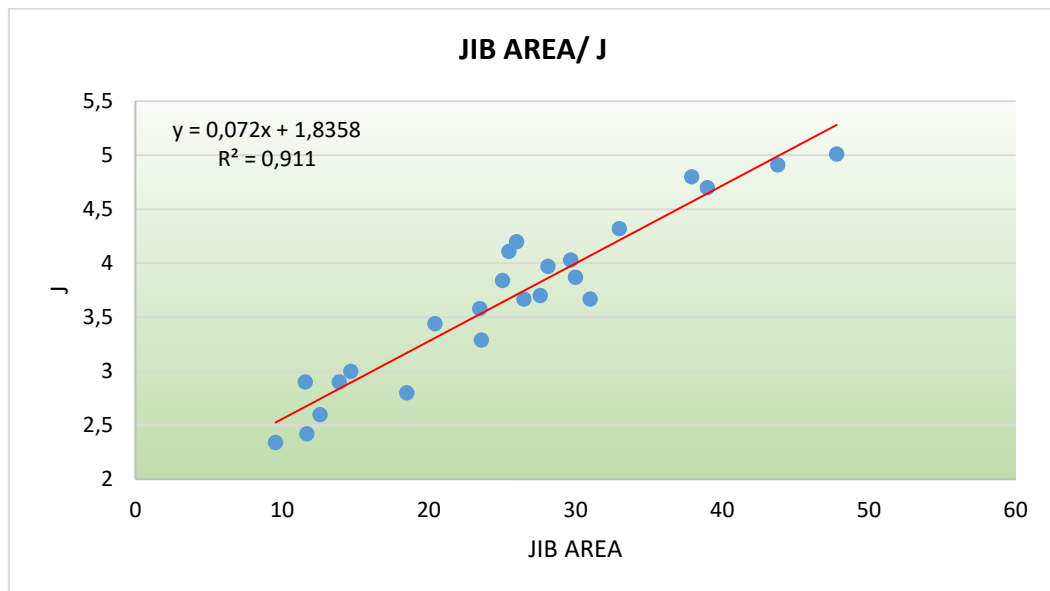
*Ilustración 9: Gráfico eslora - superficie vélica, fuente propia*

- $L_{OA}$  / Área del foque



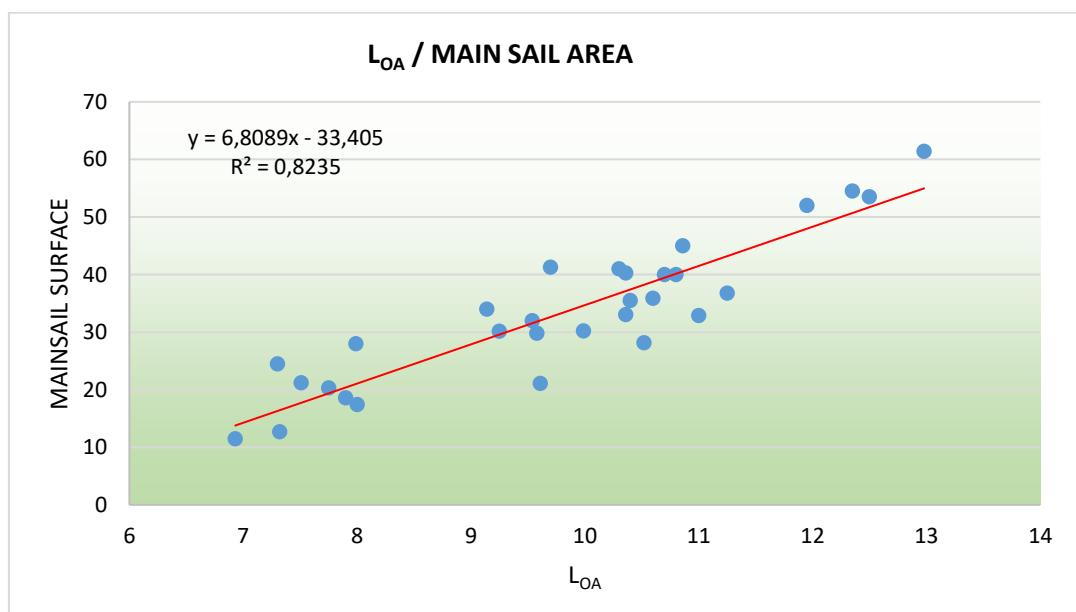
*Ilustración 10: Gráfico eslora - superficie foque, fuente propia*

- Área del foque / J



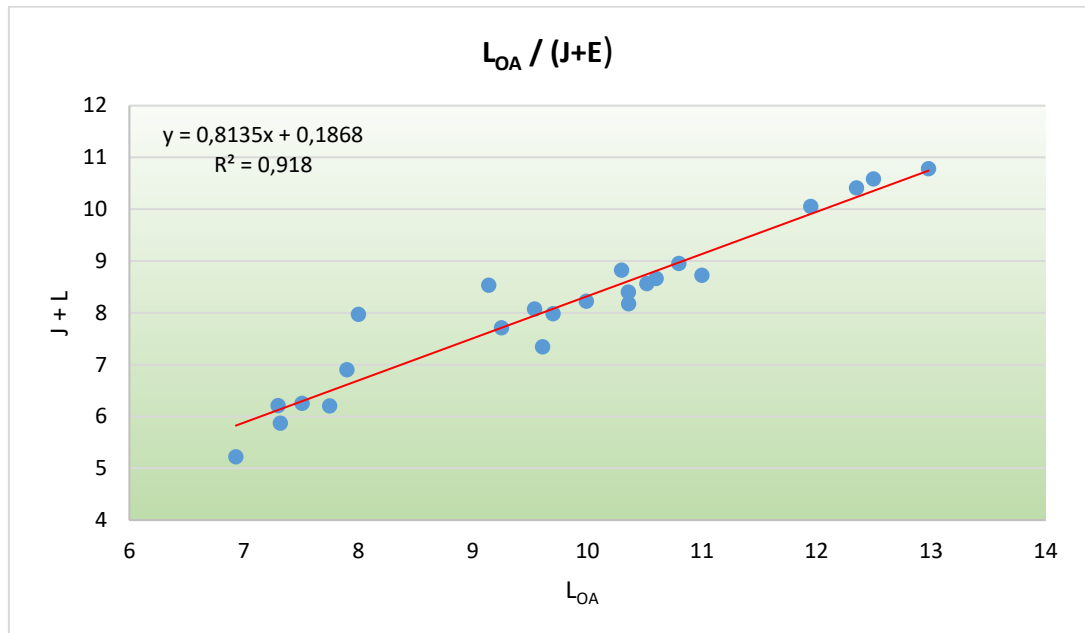
*Ilustración 11: Gráfico superficie del foque - J, fuente propia*

- $L_{OA}$  / Área de la mayor



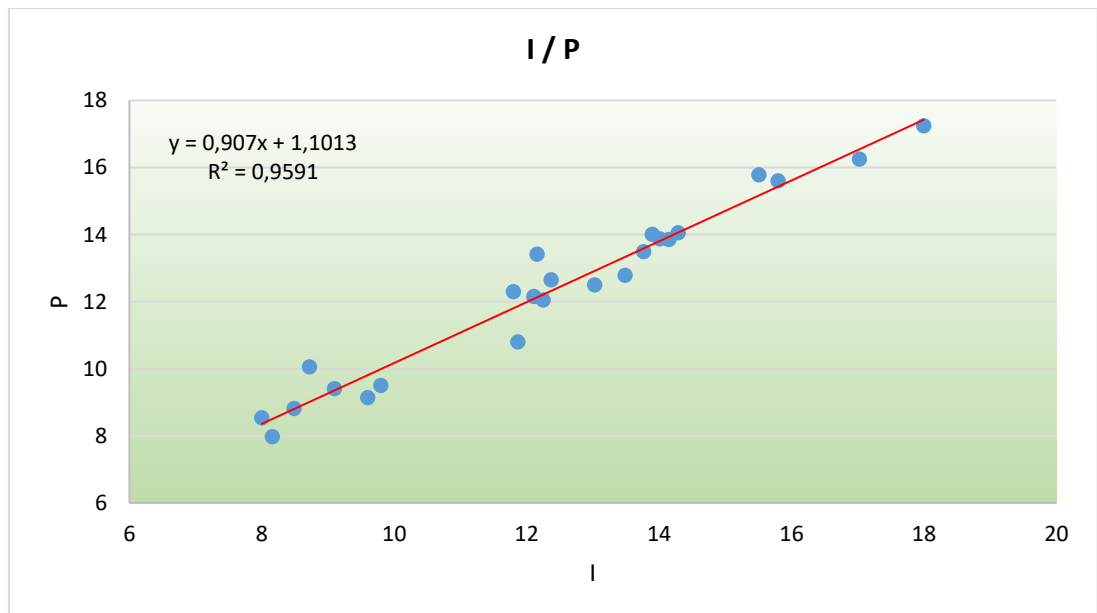
*Ilustración 12: Gráfico eslora - superficie mayor, fuente propia*

- $L_{OA} / (J+E)$



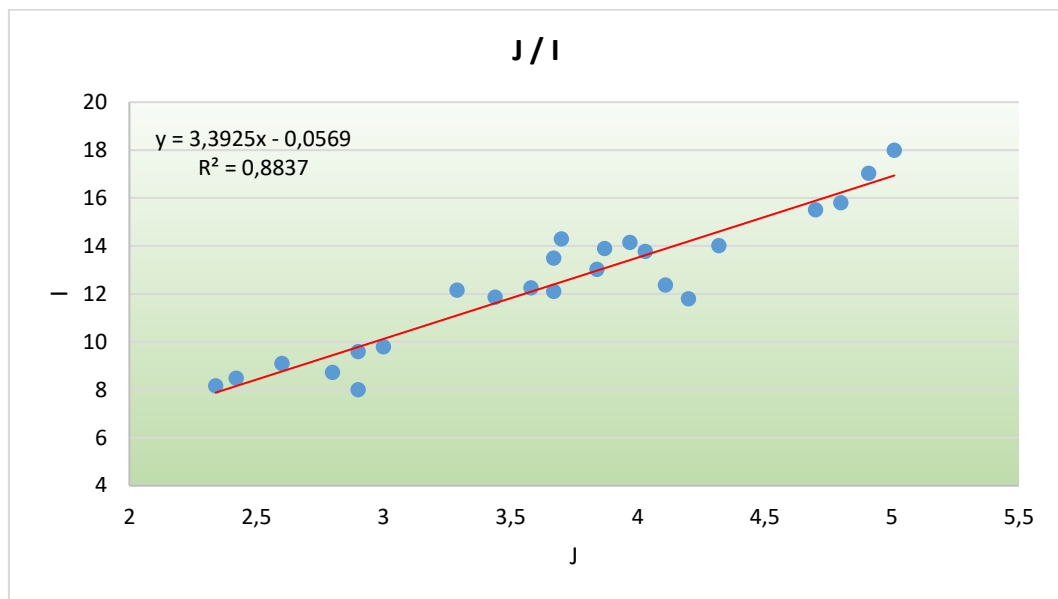
*Il·lustració 13: Gràfic eslora - (J+E) fuente propia*

- $I / P$



*Il·lustració 14: Gràfic I - P, fuente propia*

- J / I



*Il·lustració 15: Gràfic J - I, fuente propia*

Para continuar, de los anteriores gráficos expuestos, se obtienen las siguientes relaciones de los parámetros:

- **L<sub>OA</sub> / Área vélica**

$$\text{Área vélica} = 12,3600 \cdot L_{OA} - 61,5036$$

- **Área vélica / Lastre**

$$\text{Lastre} = 33,7978 \cdot \text{Superficie vélica} - 640,9433$$

- **L<sub>OA</sub> / Área del foque**

$$\text{Área del foque} = 5,5723 \cdot L_{OA} - 28,70378$$

- **L<sub>OA</sub> / Área vela mayor**

$$\text{Área vela mayor} = 6,8089 \cdot L_{OA} - 33,4055$$

- **Área del foque / J**

$$J = 0,0720 \cdot \text{Área del foque} + 1,8357$$

- **L<sub>OA</sub> / (J+E)**

$$J+E = 0,7750 \cdot L_{OA} + 0,6023$$

- **J / I**

$$I = 3,3924 \cdot J - 0,0569$$

- I / P

$$P = 0,9069 \cdot I + 1,1012$$

Parámetro	Valor	Unidad
L <sub>OA</sub>	10,36	m
Calado	2,11	m
Superficie vélica	66,55	m <sup>2</sup>
Lastre	1608,18	kg
Área del foque	29,03	m <sup>2</sup>
Área de la mayor	37,13	m <sup>2</sup>
J	3,93	m
J+E	8,63	m
I	13,26	m
P	13,13	m

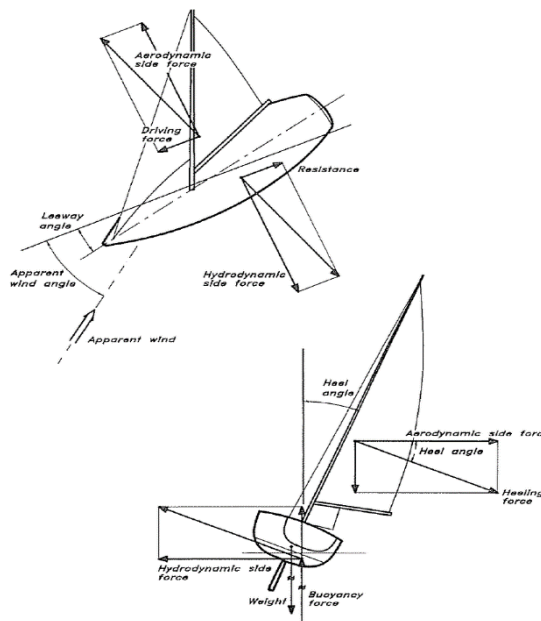
*Tabla 4: Dimensiones de las velas según la estadística*



### 3. Análisis de la resistencia al avance

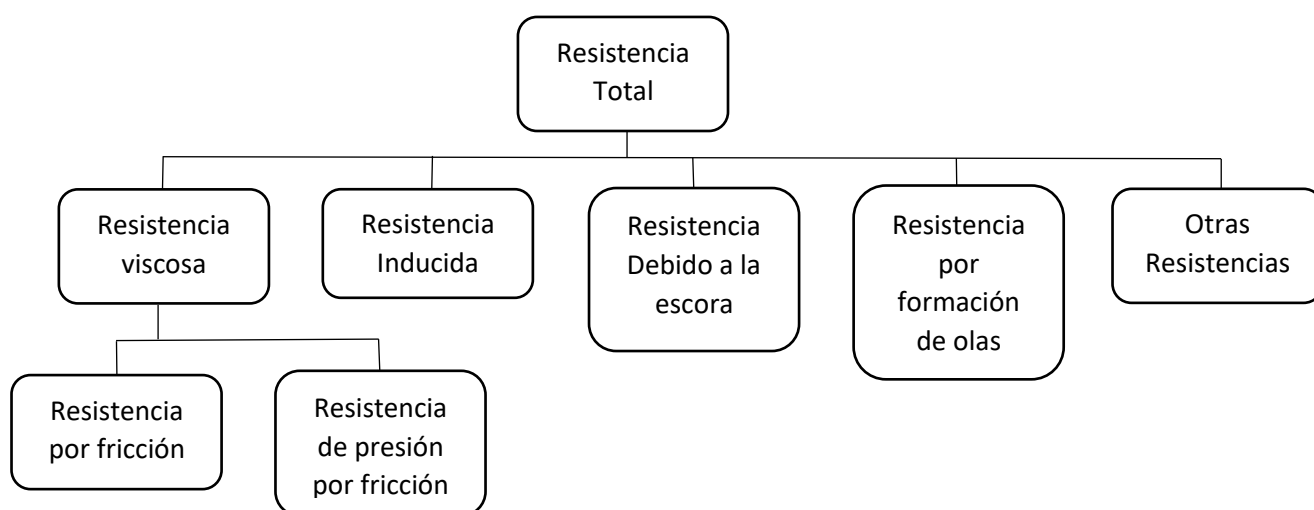
El análisis de la resistencia al avance de la embarcación nos indicará la potencia necesaria que necesita para moverlo en una determinada velocidad. Al ser un barco de regatas se necesitará que la resistencia al avance sea lo menor posible para que sea lo más competitiva posible, ya que cuanto menor sea la resistencia al avance, menos potencia se necesitará para ir a la velocidad deseada.

En la *Ilustración 16* se expone las fuerzas que intervienen en un barco a vela en navegación en ceñida, el rumbo donde más se notará la resistencia al avance.



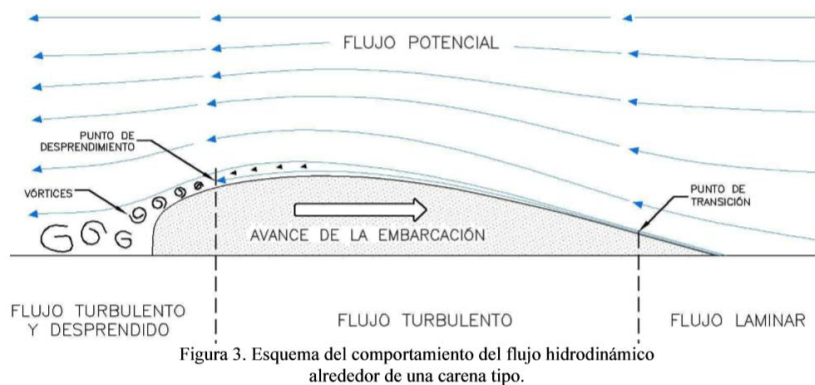
*Ilustración 16: fuerza de las velas, fuente: internet*

La resistencia al avance se compone de varias resistencias donde se puede apreciar en el siguiente *esquema 1: Resistencia total* donde se calcularán en este proyecto de forma básica, teórica y computacional. La resistencia al avance más importante es la resistencia viscosa, que a su vez se descompone en resistencia por fricción y resistencia de presión por fricción.



Esquema 1: Resistencia total, fuente: apuntes de Proyectos Navales

La resistencia por fricción se produce por la fricción directa entre el agua y el casco. Como es sabido, el agua no se desliza sobre el casco, sino que una delgada lámina de masa de agua permanece pegada a la obra viva. Junto a esta lámina podemos imaginar que hay otra que es arrastrada por la primera, pero debido a los efectos de la viscosidad del fluido no es solidaria a aquella, sino que avanza a una velocidad ligeramente menor. Así, a medida que nos alejamos del buque, nos encontramos con láminas de agua cada vez menos influidas por el avance del barco, hasta que, llegados a una cierta distancia del casco, el agua no es influida por el movimiento de la embarcación. La *Ilustración 17* muestra las distribuciones típicas de esta variación de la velocidad del agua, a medida que nos alejamos del buque.



### *Ilustración 17: flujo de una embarcación, fuente: apuntes de Proyectos navales*

La contribución de cada punto del casco a la resistencia de fricción es proporcional a la tasa a la que varía la velocidad del fluido a medida que nos alejamos del barco, siendo la constante de proporcionalidad, la viscosidad del fluido. Es evidente que, dado que la resistencia por fricción actúa en la superficie del casco, la reducción de superficie mojada es muy importante en una disminución de esta componente de la resistencia.

Aunque el cálculo de la resistencia por fricción de un casco requiere el uso de técnicas experimentales o numéricas, existen fórmulas experimentales, obtenidas para placas planas y otros cuerpos geométricos simples, que pueden ser de utilidad. La más conocida de ellas es la línea de fricción ITTC 57. Según esta curva, es posible calcular la resistencia friccional de una placa plana<sup>6</sup>, mediante la fórmula:

$$C_f = \frac{0,075}{(\log Rn - 2)^2}$$

- $C_f$  es el coeficiente adimensional de fricción
- $Rn$  es el número de Reynolds

La relación de resistencia por fricción ( $R_f$ ) viene dada por la expresión:

$$R_f = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S_w \cdot v^2 \cdot C_t$$

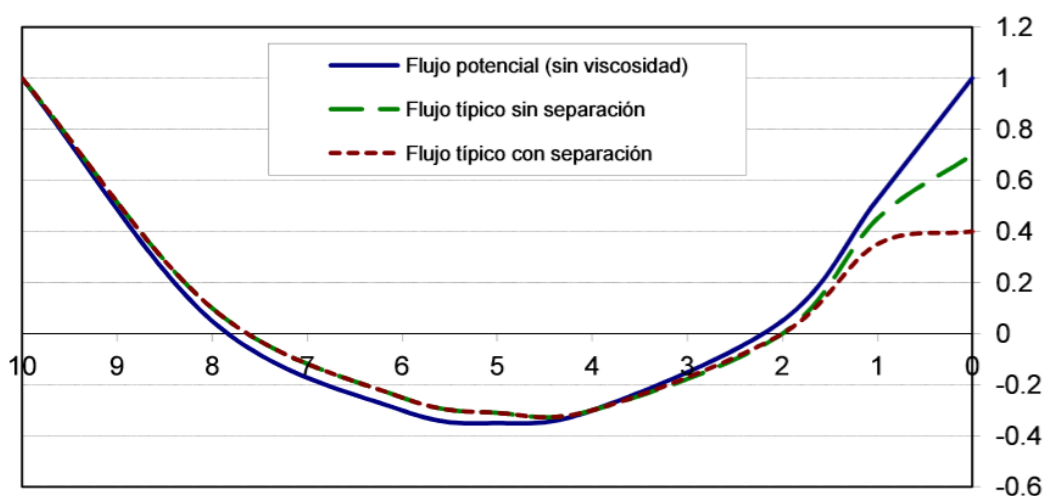
- $R$  es la resistencia al avance expresada en N.
- $\rho$  es la densidad del fluido por el que se mueve el casco expresada en kg/m<sup>3</sup>.

- $S_w$  es la superficie mojada de la embarcación expresada en  $m^2$ .
- $v$  es la velocidad de avance de la embarcación expresada en  $m/s$ .
- $C_t$  es un coeficiente adimensional que dependerá de las formas de la embarcación.

La resistencia de presión por fricción se debe a un desequilibrio en las fuerzas de presión sobre el casco que se produce por fenómenos viscosos. Cuando un casco avanza por un fluido se puede apreciar que las presiones de la proa y de la popa son mayores que la parte del medio del casco. Si no hubiera capa límite la fuerza de la presión que se produce en la proa equilibraría la presión que se produce en la popa, haciendo que la resultante fuese nula. La capa límite, modifica la distribución de la presión. Desde que la capa límite en la popa es más gruesa que en la proa, la presión en la popa estará más afectada. La presión en la popa tiene un valor algo menor que en la proa, esto incrementa la resistencia la cual es indirectamente causada por la fricción de la capa límite que envuelve el casco. Para una embarcación propulsada a vela esta fricción tiene un rango de entre 5% - 10% de la resistencia viscosa.

La *Imagen 18* muestra tres configuraciones típicas de la distribución de presión a lo largo de una línea de corriente sobre el casco del buque. La primera de estas curvas corresponde a un caso ideal en el que no existieran fenómenos viscosos (un fluido sin viscosidad que produce un flujo potencial). En ese caso la distribución de presión está equilibrada, de manera que su integral sobre el casco es nula (es decir, la resistencia de presión por fricción en un fluido sin viscosidad es nula). El efecto de la viscosidad sobre la distribución de presión se muestra en las siguientes curvas. En ellas se aprecia el desequilibrio que se produce en esta distribución, lo que provoca la aparición de resistencia. Un diseño adecuado de las líneas de agua del casco puede reducir apreciablemente esta componente de la resistencia. En este sentido es importante señalar que esta componente de la resistencia depende esencialmente de dos factores: las formas del casco y el número de Reynolds.

Las recomendaciones más habituales para minimizar la resistencia de presión por fricción se basan en limitar las curvaturas de las líneas de agua del casco, así como el ángulo de entrada del agua en la línea de flotación.



*Ilustración 18: flujos a lo largo de un perfil, fuente: apuntes de Proyectos navales*

Finalmente, el coeficiente de resistencia viscosa se define como:

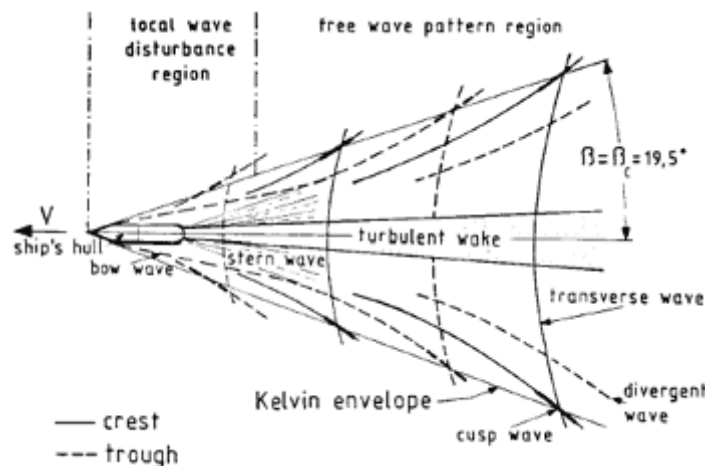
$$C_v = (1 + k) \cdot c_f = (1 + k) \frac{0,075}{(\log Rn - 2)^2}$$

Donde aparece el factor  $k$  en relación a la presión por origen viscoso y que depende únicamente de la geometría del casco. Este coeficiente también influye en la variación del cálculo de la resistencia por fricción respecto a una placa plana y la curvatura del casco.

La segunda más importante componente de la resistencia al avance es la resistencia por formación de olas, cuya aparición se debe a la energía empleada en generar las olas y que es transportada por ellas.

A bajas velocidades las olas generadas por el buque son de muy pequeña amplitud lo que implica que casi toda la resistencia es de carácter viscoso. Al aumentar la velocidad el patrón de olas cambia, se altera la longitud de onda y su altura. En este proceso hay una serie de velocidades de avance donde la crestas del sistemas de olas generado *Imagen 19* se suman unas con otras (interferencia positiva) y otras velocidades donde las olas se cancelan (interferencia negativa). Teniendo en cuenta que la energía transportada por una ola depende del cuadrado de su amplitud, el efecto de interferencia provoca oscilaciones en la componente de resistencia por formación de olas.

En la siguiente imagen se podrá apreciar el sistema de olas que declaró Kelvin. *Imagen 19*



*Ilustración 19: olas de Kelvin, fuente: apuntes de Proyectos navales*

Según Wigley en 1931 determinó mediante ensayos empíricos con un artefacto fusiforme cinco sistemas de olas.

- Un sistema simétrico de olas a lo largo del buque y que viaja con él. Por su simetría, este sistema no absorbe energía (1).
- El sistema de olas de proa que comienza en la proa con una cresta (2).
- El sistema de olas de proa que comienza con una depresión (3).
- El sistema de olas del hombro de popa que comienza con una depresión (4).
- El sistema de olas de popa que comienza con una cresta (5).

La longitud de onda de las olas generadas por el velero depende del número de Froude  $F_n$ , que se define en función de la velocidad del barco  $V$ , su eslora  $L$  y la aceleración de la gravedad  $g$ , por:

$$F_n = \frac{v}{\sqrt{g \cdot L_{WL}}}$$

La longitud de onda  $\lambda$  de las olas transversales generadas por el barco a partir de la fórmula:

$$\lambda = 2\pi F_n^2 L$$

Donde aparece el número de Froude  $F_n$  y la eslora de la embarcación.

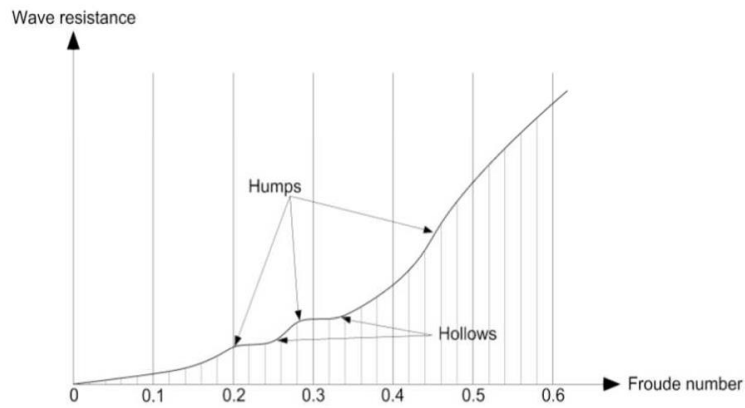
La velocidad de la ola viene dada por la expresión:

$$v = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$$

El fenómeno de interferencia de los trenes de olas es muy importante en el comportamiento de esta componente de la resistencia.

De esta manera, a medida que se va aumentando la velocidad de la embarcación va variando la amplitud y la longitud de onda a consecuencia, la resistencia por formación de olas va aumentando. En este proceso hay una serie de velocidades de avance donde las crestas del sistema de olas generado se suman unas con otras y otras y para otras velocidades se anulan. Eso crea interferencias en la resistencia por formación de olas. A modo de ejemplo, para números de Froude alrededor de 0,4, la longitud de las olas generadas por el barco es aproximadamente igual a su eslora. Esto provoca que la ola generada en proa y la de popa se amplifiquen (sumen) al coincidir sus crestas. Por el contrario, para valores en torno a  $F_n = 0,34$ , la longitud de ola es aproximadamente  $2/3$  de la eslora, lo que provoca que la cresta de una coincida con el valle de la otra y se atenúen. Cuando el valle de la ola generada por la proa coincide en la zona de popa, se induce un aumento del trimado dinámico del buque, por la depresión que se produce. Este efecto es más notorio para valores de  $F_n > 0,4$ .

En el siguiente gráfico donde se encuentra el número de froude en el eje X y la resistencia por olas en el eje Y. *Imagen 20*



*Il·lustració 20: gràfic resistència per olas – número de froude, font: apuntes de Projectos navales*

En la pràctica la resistència per formació de olas i la resistència viscosa no es pot calcular de manera experimental, per lo que s'ha englobat, i en el seu lloc, la suma de les dues resistències mencionades anteriorment se les ha denominat resistència residual.

Entonces para encontrar la resistencia al avance de la embarcación se deberá recurrir a otros métodos como ensayos experimentales, simulación con CFD, métodos numéricos o bien métodos estadísticos, que es lo que se usará en este proyecto.

## 4. Diseño de la carena

Una vez obtenidos los valores de las dimensiones principales de la embarcación se puede empezar a hacer un diseño de la carena. No obstante, las dimensiones obtenidas anteriormente son orientativas, pueden ir variando en función de cómo se vaya desarrollando el proyecto de la embarcación.

Por otro lado, las dimensiones calculadas previamente solamente definen una forma de la embarcación. Le falta el centro de carena, la posición de la manga máxima o la manga de flotación, etc.

Para el diseño de la carena se utilizará el programa Maxsurf Modeler y se empezará usando un barco de vela predefinido de Maxsurf al que se irá modelando a las mejores formas para que la embarcación tenga las mejores prestaciones posibles.

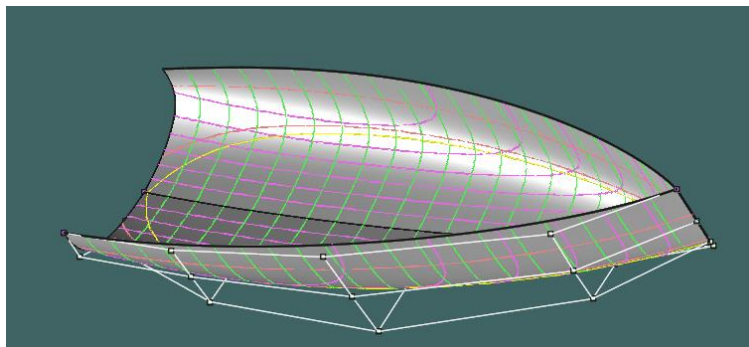
El barco a vela predefinido por el programa viene sin apéndices, por lo que solo calculará el desplazamiento del casco. Por lo tanto, se estimará un desplazamiento de los apéndices de 300 kg, por lo tanto, el desplazamiento final que se buscará en maxsurf será de 4300 kg. Esta estimación se hace observando la relación entre el volumen desplazado de embarcaciones similares con apéndices está cerca de un 9%. El 9% del desplazamiento es 300 L. Como es una estimación se redondea a 300 litros.

Según el libro de referencia *“Principles of yacht design”* existe una tabla del rango de parámetros de las formas del casco en las series de Delft. Esta tabla ha sido formada mediante resultados empíricos.

Los métodos estadísticos consisten en una serie de regresiones que forman un polinomio. Los valores del polinomio variarán en función de los parámetros de la embarcación y nos darán el valor de la resistencia al avance.

Hay varios métodos que se pueden utilizar con sus propias características. Dependiendo del tipo de embarcación que se quiere estudiar, para buques de desplazamiento se usa el método de Holtrop - Mennen, para embarcaciones de planeo el método de Savitsky y, en nuestro caso, como nuestra embarcación es propulsada a vela usaremos las series de Delft.

El programa Maxsurf Resistance es un programa que calcula la resistencia al avance utilizando estos métodos, al que solamente hay que introducirle la carena de la embarcación y el coge los datos necesarios para hacer el cálculo. Como resultado, te muestra el valor de las distintas resistencias a distintas velocidades, dependiendo del rango que tu creas que tendrá la embarcación.



Para poder utilizar las series de Delf, los parámetros del casco de la embarcación tienen que permanecer en un rango determinado. Esa tabla de rangos varía dependiendo de la fuente con la que se quiera informarse. Nuestra tabla de rangos la hemos sacado del libro “The principles of a yacht design”. La tabla es la siguiente:

Rango de los parámetros de las formas del casco en la Delf series	
Parámetros	Rango
$LCB_{fpp} / L_{WL}$	0,5 - 0,582
$C_P$	5,19 - 0,599
$V_C \frac{2}{3} / A_w$	0,079 - 0,265
$B_{WL} / L_{WL}$	0,170 - 0,366
$LCB_{fpp} / LCF_{fpp}$	0,92 - 1,002
$V_C \frac{1}{3} / L_{WL}$	0,12 - 0,23
$C_m$	0,646 - 0,79
$B_{WL} / T_C$	2,46 - 19,38

Tabla 5: Rango de valores de las series de Delf, fuente: “The principles of yacht design”

#### 4.1 Optimización de formas

En el apartado anterior se ha podido ver la dificultad de calcular los factores que influyen en la resistencia al avance. Uno de los factores más importantes es la velocidad, ya no solo por la influencia directa en la fuerza, sino que en función del número de Froude de la embarcación vemos que el comportamiento de las formas no es el mismo, por lo tanto, antes de plantear un análisis de las formas y modificarlas se tiene que tener en cuenta en qué condiciones va a navegar la embarcación.

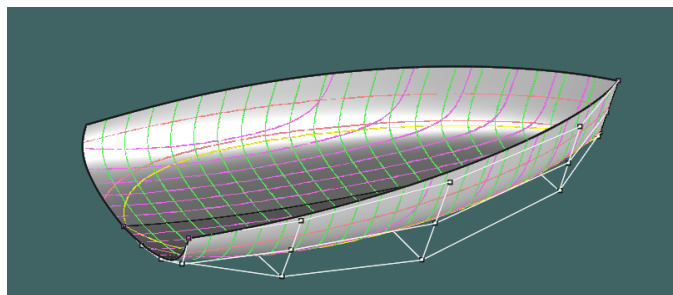
El objetivo es hacer una embarcación rápida para que pueda navegar bien con diferentes condiciones de viento. Se quiere una embarcación que esté normalmente navegando a velocidades de entre 4 y 10 nudos lo que significa entre unos números de Froude de 0,2 a 0,51.

Vemos que el rango que queremos interpretar es bastante amplio, por lo que la optimización será para números de Froude cercanos a 0,35 ya que las veces en las que la embarcación navegue a números de Froude superiores a 0,4 no serán tantas como para valores inferiores.

Primero optimizaremos nuestras formas para que la embarcación esté en el rango determinado para poder calcular la resistencia al avance con el método de las series de Delf.



Ajustando la carena de nuestra embarcación con el programa Maxsurf modeler haciendo ensayo - error, hemos obtenido el siguiente resultado:



*Ilustración 21: diseño de la carena, fuente propia*

Hydrostatics at DWL

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	4,331	t
2	Volume (displaced)	4,225	m³
3	Draft Amidships	2,110	m
4	Immersed depth	0,353	m
5	Immersed depth amidships	0,352	m
6	WL Length	10,382	m
7	Beam max extents on WL	2,866	m
8	Wetted Area	22,397	m²
9	Max sect. area	0,702	m²
10	Waterpl. Area	21,173	m²
11	Prismatic coeff. (Cp)	0,579	
12	Block coeff. (Cb)	0,402	
13	Max Sect. area coeff. (Cm)	0,729	
14	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,712	
15	LCB length	-5,303	from zero pt. (+ve f
16	LCF length	-5,665	from zero pt. (+ve f
17	LCB %	-51,082	from zero pt. (+ve f
18	LCF %	-54,569	from zero pt. (+ve f
19	KB	1,988	m
20	KG fluid	2,110	m
21	BMT	2,463	m
22	BML	29,928	m
23	GMt corrected	2,341	m
24	GML	29,806	m
25	KMt	4,451	m
26	KML	31,916	m
27	Immersion (TPc)	0,217	tonne/cm
28	MTc	0,127	tonne.m
29	RM at 1deg = GMT.Disp.sin(1)	0,177	tonne.m
30	Length:Beam ratio	3,623	
31	Beam:Draft ratio	8,121	
32	Length:Vol <sup>0.333</sup> ratio	6,422	
33	Precision	High	123 stations

Density (water)   
 Std. densities   
 VCG

*Ilustración 22: resultados de la carena diseñada en maxsurf modeler*

Como se puede ver en la imagen anterior, hemos diseñado un casco lo más limpio y fluido posible. La precisión que hemos encontrado es de 123 *stations*, una precisión nivel *High*, alto. Eso significa que tiene una precisión muy buena de forma del casco.

Nuestro resultado ha sido:

Rango de los parámetros de las formas del casco en las Delf series		
Parámetros	Rango	Yacht 27
LCBfpp / Lwl	0,5 – 0,582	0,5109
CP	0,519 – 0,599	0,5790
Vc $\frac{2}{3}$ / Aw	0,079 – 0,265	0,1186
Bwl / Lwl	0,170 – 0,366	0,2762
LCBfpp / LCF fpp	0,92 - 1,002	0,9361
Vc $\frac{1}{3}$ / Lwl	0,12 – 0,23	0,1570
CM	0,646 – 0,79	0,7290
Bwl / Tc	2,46 - 19,38	13,2166


*Tabla 6: Verificación de los datos de nuestra embarcación con las series de Delf*

Después de mucha estrategia controlando las formas del barco, como hemos mencionado anteriormente, nuestra embarcación cumple con las condiciones para proceder a calcular la resistencia al avance.

Insertaremos nuestra embarcación al programa de Maxsurf Resistance.

En la tabla se observa la resistencia al avance en (N) en función de la velocidad en nudos (kn):

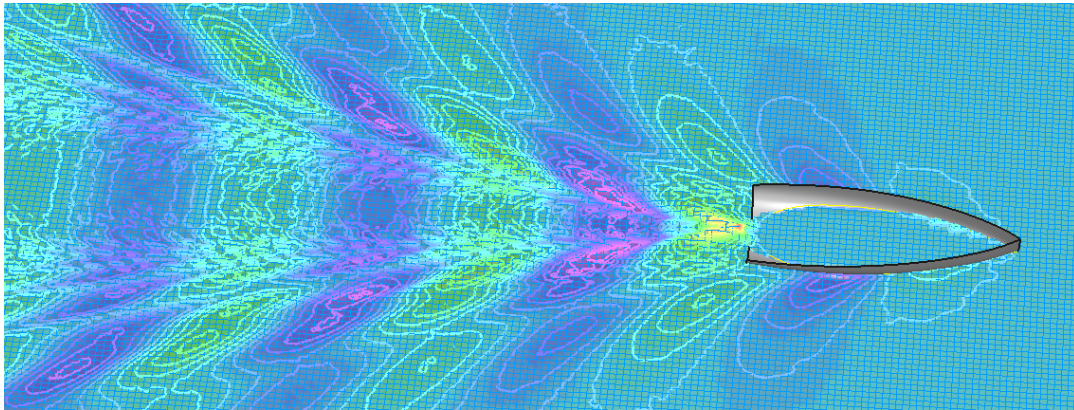
	Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Holtrop Resist. (N)	Holtrop Power (hp)	Delft I,II Sail Resist. (N)	Delft I,II Sail Power (hp)	Delft III Sail Resist. (N)	Delft III Sail Power (hp)
1	0,000	0,000	0,000	—	—	—	—	—	—
2	0,300	0,015	0,039	2,13	0,000	2,25	0,000	—	—
3	0,500	0,031	0,078	7,53	0,003	8,39	0,003	—	—
4	0,900	0,048	0,116	15,81	0,010	12,16	0,008	—	—
5	1,200	0,061	0,155	26,82	0,022	19,45	0,016	—	—
6	1,500	0,076	0,194	40,45	0,042	28,20	0,029	13,25	0,014
7	1,800	0,092	0,233	56,63	0,070	38,34	0,048	29,04	0,036
8	2,100	0,107	0,271	75,30	0,109	49,84	0,072	46,19	0,067
9	2,400	0,122	0,310	98,41	0,160	62,67	0,104	64,67	0,107
10	2,700	0,138	0,349	119,95	0,223	79,34	0,148	84,83	0,158
11	3,000	0,153	0,388	145,94	0,302	99,27	0,205	106,54	0,220
12	3,300	0,168	0,426	174,55	0,397	126,58	0,288	130,33	0,297
13	3,600	0,184	0,465	206,14	0,512	156,07	0,388	157,62	0,391
14	3,900	0,199	0,504	241,38	0,649	187,53	0,505	187,92	0,506
15	4,200	0,214	0,543	281,37	0,815	227,83	0,660	226,47	0,656
16	4,500	0,229	0,581	327,49	1,017	270,88	0,841	267,31	0,830
17	4,800	0,245	0,620	381,36	1,263	317,36	1,051	310,58	1,028
18	5,100	0,260	0,659	447,59	1,575	368,77	1,297	361,44	1,272
19	5,400	0,275	0,698	531,71	1,981	423,42	1,577	416,82	1,553
20	5,700	0,291	0,736	630,91	2,481	484,93	1,907	472,71	1,859
21	6,000	0,306	0,775	735,54	3,045	560,51	2,320	534,09	2,211
22	6,300	0,321	0,814	844,47	3,670	657,75	2,859	603,54	2,623
23	6,600	0,336	0,853	970,37	4,418	739,93	3,369	693,89	3,159
24	6,900	0,352	0,892	1133,57	5,396	824,28	3,924	797,05	3,794
25	7,200	0,367	0,930	1358,24	6,747	957,80	4,758	940,12	4,670
26	7,500	0,382	0,969	1671,14	8,647	1134,01	5,868	1130,01	5,847
27	7,800	0,398	1,008	2098,44	11,292	1355,85	7,296	1369,97	7,372
28	8,100	0,413	1,047	2128,41	11,894	1642,12	9,178	1689,51	9,441
29	8,400	0,428	1,085	2075,90	12,030	1951,36	11,308	2036,27	11,800
30	8,700	0,444	1,124	2025,48	12,157	2300,53	13,808	2428,64	14,577
31	9,000	0,459	1,163	1977,13	12,278	2462,60	15,290	2643,32	16,412
32	9,300	0,474	1,202	1930,84	12,388	2754,44	17,672	2729,31	17,511
33	9,600	0,489	1,240	1886,60	12,495	2995,96	19,842	2973,84	19,695
34	9,900	0,505	1,279	1844,42	12,597	3236,94	22,108	3224,93	22,026
35	10,200	0,520	1,318	1804,27	12,696	3482,06	24,503	3468,89	24,410
36	10,500	0,535	1,357	1766,16	12,794	3702,86	26,823	3698,26	26,789
37	10,800	0,551	1,395	1735,47	12,931	3912,24	29,149	3919,61	29,204
38	11,100	0,566	1,434	1830,84	14,020	4115,67	31,516	4105,92	31,442

No project is selected 

*Il·lustració 23: resultado de la resistencia al avance realizado con maxsurf resistance*

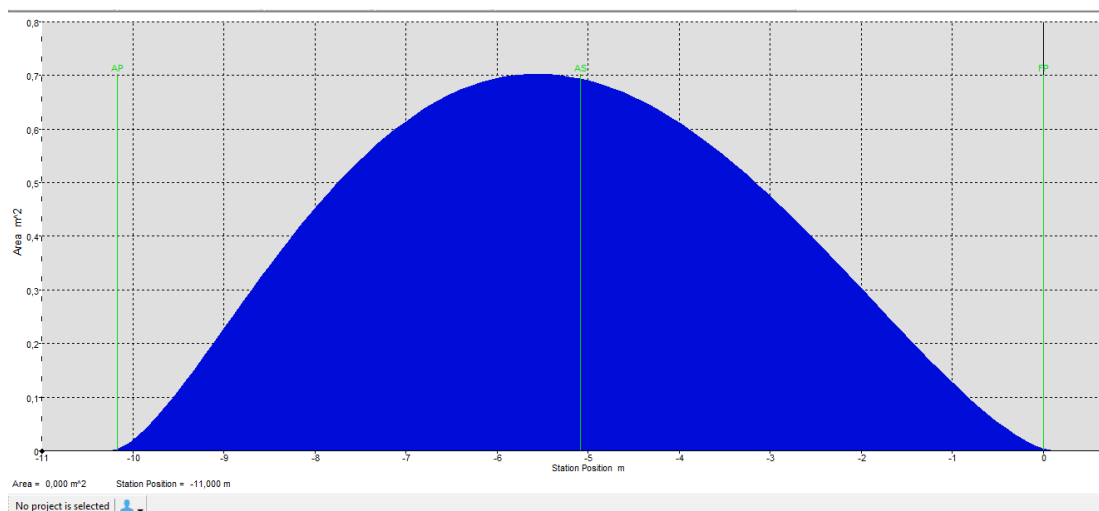
La tabla nos indica que los valores que hemos logrado obtener son bastante normales para una embarcación de su eslora y su desplazamiento. Esa resistencia es sin apéndices.

Wave field para una velocidad de 7kn y un numero de Froude de 0,375.



*Ilustración 24: Campo de olas realizado con maxsurf resistance*

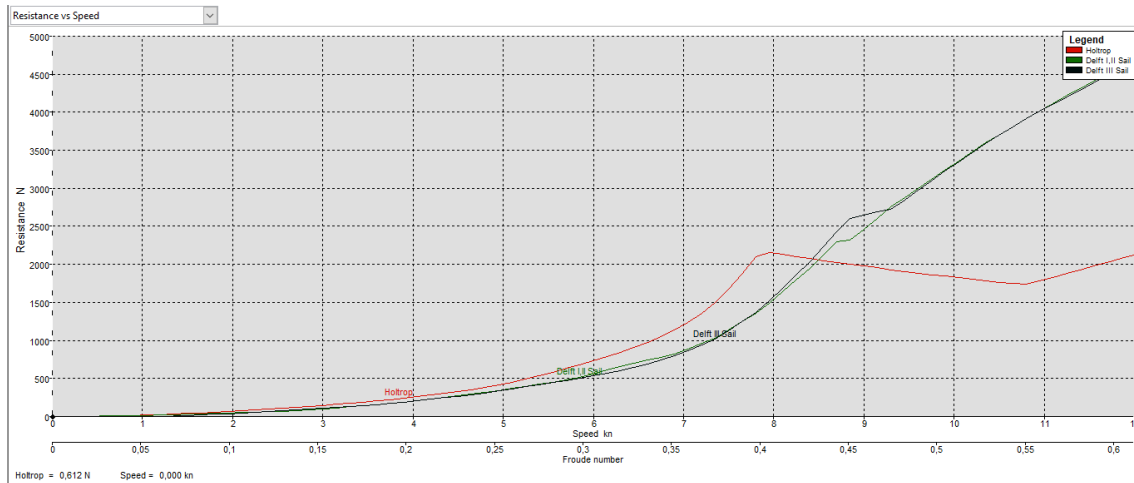
Curva de áreas (sin apéndices)



*Ilustración 25: curva de áreas sin apéndices de la carena*

En la curva de áreas podemos observar que la curva máxima se encuentra detrás de la cuaderna maestra. Hemos diseñado el casco con la manga máxima posterior al centro de la embarcación. Eso significará que las prestaciones en vientos portantes serán buenas.

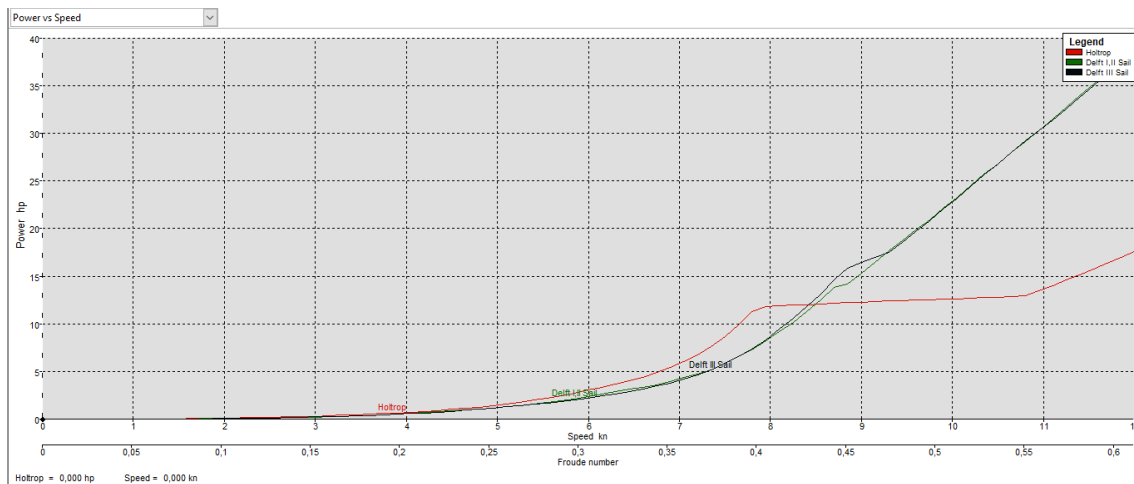
## Resistance Vs. Speed



*Il·lustració 26: gràfic resistència – velocitat realitzado con maxsurf resistance*

La gràfica de la Resistència Vs. La velocitat se observa que es bastante acceptable para las condiciones que queremos para nuestra embarcación. En el rango de entre 6 y 8 nudos (0,3 y 0,4 número de froude) la resistencia se va incrementando hasta 1,5 KN.

## Power Vs. Speed



*Il·lustració 27: gràfic potencia – velocitat realitzado con maxsurf resistance*

En la gràfica de Potència Vs Velocidad obtenida por el programa informático Maxsurf Resistance. Se puede observar que en aguas tranquilas la embarcación no necesita de una potencia muy grande para avanzar hasta los 11 nudos a motor. A vela, se incrementando exponencialmente a partir de los 5 nudos. Para una velocidades normales de nuestra embarcación, entre 6 y 8

nudos, nos situamos a una potencia entregada por las velas de entre 3,5 y 9 caballos de potencia. Algo normal para este tipo de embarcaciones.

## 5. Escantillonado

El escantillonado de una embarcación es la parte donde se analizan los esfuerzos y se aplica el material, la forma y también la cantidad de material necesaria para que la construcción de la embarcación sea resistente a ese tipo de esfuerzos y perdure a lo largo del tiempo teniendo en cuenta la durabilidad de estos materiales con el cual se fabrica.

Para proceder al cálculo de las presiones de la embarcación se va a hacer uso de la normativa UNE-EN ISO 12215-5. En esta normativa se establecen los cálculos para conseguir una resistencia estructural que asegure la integridad del velero mediante el cálculo de las presiones y tensiones de diseño de las diversas zonas del casco, cubierta y superestructura delimitadas por un diseño estructural propuesto.

Mediante el programa informático de ComposeIT de la sociedad de clasificación Bureau Veritas, realizaremos y verificaremos el escantillonado y los refuerzos de la embarcación. Es un programa muy útil y muy práctico de utilizar para todas las embarcaciones construidas de materiales compuestos.

Los refuerzos de la embarcación se dispondrán en dos grupos, transversales y longitudinales. Como transversales se tendrían las cuadernas, las varengas y mamparos. Como refuerzos longitudinales se dispondría de las vagras, longitudinales de costado y mamparos que se asienten de proa a popa de la embarcación.

A su vez el velero puede descomponerse en partes, formadas por un conjunto de las diversas zonas obtenidas por la estructura. Se puede diferenciar entre el fondo del casco, el costado del casco, cubierta y superestructura.

El escantillonado obtenido parte de la base de una estructura propuesta y formada por las diversas subdivisiones de los camarotes teniendo en cuenta las posibles interferencias entre estructura y mobiliario interior. El estudio se basa en el cálculo de la presión y espesor de cada una de las planchas según los requerimientos impuestos a cada una de las zonas.

Una vez obtenidas las presiones de cada zona por la normativa ISO 12215-5 se procederá a realizar las comprobaciones con el programa composeIT que el espesor del laminado elegido aguanta las presiones previamente calculadas. A posteriori se procede a determinar la secuencia de laminado necesaria para cumplir con dicho espesor, según el proceso a usar o proyectado.

Para el escantillonado de los refuerzos se determina el tipo de perfil de los mismo, en este caso serán del tipo sombrero de copa u omega en el fondo y los costados, para el refuerzo de la cubierta y la superestructura utilizaremos el refuerzo plano. Una vez se tiene determinado el perfil se procede con el cálculo del módulo resistente y el momento de inercia requerido, para a continuación determinar las dimensiones que ofrezcan dichas prestaciones con el programa informático.

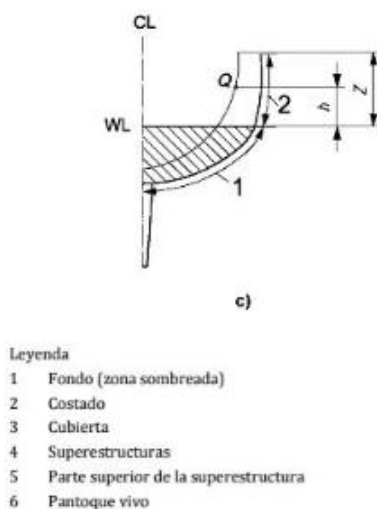


Para empezar con el cálculo estructural es necesario determinar que materiales van a usarse en la construcción de la embarcación, así como el método constructivo, ya que la normativa lo contempla en los cálculos mediante diversos parámetros.

En este caso la embarcación será construida con el laminado de sándwich. Las capas exteriores serán de fibra de vidrio, mediante estructuras simples de MAT y ROVING. El contenido de masa en fibra del laminado será de  $\psi = 0.55$ , y la relación de MAT/ROVING no será superior a 1 en masa. El núcleo se compondrá en el fondo de la embarcación de madera de balsa de  $96 \text{ Kg/m}^3$  y los costados, cubierta y superestructura, el núcleo se realizará con madera de balsa de  $80 \text{ Kg/m}^3$ . La resina que utilizar para el casco será isoftálica para las primeras capas del laminado, proporcionando así mayor eficacia en la prevención de la osmosis. A continuación, las sucesivas capas serán laminadas con resina ortoftálica, así como la cubierta y la superestructura.

El método constructivo proyectado es la infusión, método de coste económico contenido y que mejora sustancialmente las características mecánicas del laminado respecto al método de laminado manual.

Para la determinación del escantillonado y secuencia de laminado necesario deben calcularse las presiones de diseño, y para ello se deben determinar una serie de parámetros previos que se detallan a continuación:



*Ilustración 28: partes del laminado de una embarcación, normativa ISO 12215*

- Factor de categoría de diseño  $K_{DC}$ , por el cual la categoría de diseño tipo B le corresponde un valor de 0.8.

**Tabla 2 - Valores de  $k_{DC}$  según la categoría de diseño**

Categoría de diseño	A	B	C	D
Valor de $k_{DC}$	1	0,8	0,6	0,4

*Ilustración 29: tabla de valores  $K_{DC}$ , Normativa ISO 12215*



- Factor de carga dinámica  $\eta_{GC}$ . Este factor representa la aceleración negativa que soporta la embarcación, bien cuando choca con una ola con la que se encuentra cuando navega a gran velocidad, o bien cuando cae desde la cresta de una ola. Este parámetro se expresa en GS, donde g es la aceleración de la gravedad. Este parámetro es necesario para determinar KI, y para ello  $\eta_{GC}$  toma el valor de 3 GS.
- Factor longitudinal de distribución de presión  $K_L$ , por el cual se tiene en cuenta la variación de las cargas de presión debidas a la situación de la embarcación.
- Factor de reducción de presión según la superficie  $K_{AR}$ , que tiene en cuenta la variación de las cargas de presión según el tamaño del panel o refuerzo.
- Factor de reducción de presión en el costado  $K_z$ . Este parámetro interpola la presión del costado entre la presión del fondo y la presión de la cubierta en su borde.
- Factor de reducción de presión para superestructuras  $K_{sup}$ .
- Factor de corrección de la presión por el efecto de slamming  $K_{SLS}$ , por el cual se tiene en cuenta las presiones más elevadas debidas a este fenómeno cuando la embarcación navega.

Una vez calculados estos factores se pueden calcular las presiones de diseño en las distintas zonas de la embarcación.

A continuación, se mostrarán los paneles que hemos calculado para cada parte del velero. Seleccionaremos el panel de mayor presión y le aplicaremos el laminado correspondiente en esta zona.

## 5.1 Presión de fondo de los veleros

El valor de las presiones será dado siempre en kN/m<sup>2</sup>.

La presión de diseño en los paneles será el mayor valor de:

$$P_{BS} = P_{BSbase} \cdot K_{AR} \cdot K_{DC} \cdot K_C$$

$$P_{BSMIN} = 0,35 \cdot m_{LDC}^{0,33} + 1,4L_{WL} \cdot K_{DC}$$

$$P_{BSMIN} = 17,2947 \text{ kN/m}^2$$

Donde:

- $M_{ldc}$  es el desplazamiento del barco en condición de carga. En el caso de este barco es 4616,18 Kg.
- $L_{WL}$  es la eslora de la línea de flotación a plena carga que es igual a 10,382 m.
- $K_{DC}$  depende de la categoría de diseño. Para categoría B es 0.8.
- $K_{AR}$  se calcula con la siguiente fórmula:

$$K_{AR} = \frac{KR \cdot 0,1 \cdot m_{LDC}^{0,15}}{Ad^{0,3}}$$

Donde:

- $Ad$  es el área del panel:
- $K_R$  se calcula con la siguiente fórmula:

$$K_R = 1,5 - 3 \cdot 10^{-4} \cdot b$$

Donde  $b$  es la dimensión menor del panel.

- $K_R$  nunca será mayor que 1.
- $K_{AR}$  siempre estará entre los valores de 0.25 y 1.

$$K_L = \frac{1 - 0,167 \cdot \eta_{CG}}{0,6} \cdot \frac{x}{L_{WL}} + 0,167\eta_{CG}$$

Donde:

- $x$  es la distancia longitudinal desde el punto de referencia hasta el centro del panel. El valor de  $x / L_{WL}$  será la proporcional en un valor de entre 0 y 1, respectivamente entre proa y popa de  $L_{WL}$ .
- $\eta_{CG}$  es un factor de carga que en el caso de los veleros siempre vale 3.

$$P_{BSBASE} = (2m_{LDC}^{0,33} + 18) \cdot K_{SLs}$$

En este caso  $K_{SLs}$  tiene un valor de 1

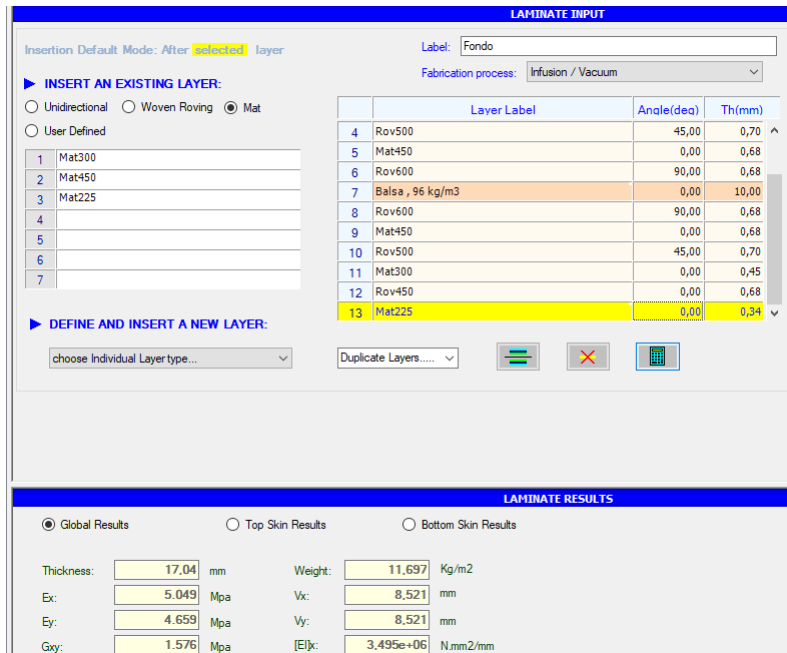
Nuestros paneles nos han dado los siguientes valores de presión:

Panel	PBS	PBSmin	Presión final
1	6,10	17,29	17,29
2	11,32	17,29	17,29
3	13,59	17,29	17,29
4	12,80	17,29	17,29
5	12,26	17,29	17,29
6	16,34	17,29	17,29
7	14,63	17,29	17,29
8	18,21	17,29	18,21
9	16,87	17,29	17,29
10	18,69	17,29	18,69
11	8,00	17,29	17,29
12	9,79	17,29	17,29
13	9,24	17,29	17,29
14	8,48	17,29	17,29
15	8,26	17,29	17,29
16	12,52	17,29	17,29
17	9,83	17,29	17,29
18	13,61	17,29	17,29
19	12,97	17,29	17,29
20	15,98	17,29	17,29

*Tabla 7: Resultados de la presión en los paneles del fondo*

La presión máxima que tiene que soportar el fondo es de 18,69 KN/m<sup>2</sup>

El laminado del fondo del casco que hemos desarrollado es el siguiente:



**LAMINATE INPUT**

Insertion Default Mode: After selected layer

Label: Fondo

Fabrication process: Infusion / Vacuum

► INSERT AN EXISTING LAYER:

☐ Unidirectional  
 ☐ Woven Roving  
 ☒ Mat  
 ☐ User Defined

	Layer Label	Angle(deg)	Th(mm)
4	Rov500	45,00	0,70
5	Mat450	0,00	0,68
6	Rov600	90,00	0,68
7	Balsa , 96 kg/m3	0,00	10,00
8	Rov600	90,00	0,68
9	Mat450	0,00	0,68
10	Rov500	45,00	0,70
11	Mat300	0,00	0,45
12	Rov450	0,00	0,68
13	Mat225	0,00	0,34

► DEFINE AND INSERT A NEW LAYER:

choose Individual Layer type...

Duplicate Layers.....

**LAMINATE RESULTS**

☒ Global Results  
 ☐ Top Skin Results  
 ☐ Bottom Skin Results

Thickness: 17,04 mm  
 Weight: 11,697 Kg/m2  
 Ex: 5,049 Mpa  
 Vx: 8,521 mm  
 Ey: 4,659 Mpa  
 Vy: 8,521 mm  
 Gxy: 1,576 Mpa  
 [E]x: 3,495e+06 N.mm2/mm

*Il·lustració 30: Laminació del fondo con Composelt*

El laminado del fondo será de tipo sándwich con un núcleo de madera de balsa de 96 Kg/m3. El resto de la composición será una mezcla de mat 225, mat 300, mat 450, rov 450, rov 500, rov 600.

## 5.2 Presión en los costados del velero

$$PSS = [(P_{DSbase} + K_z) \cdot (P_{BSbase} - P_{DSbase})] \cdot K_{AR} \cdot K_{DC} \cdot K_L$$

$$P_{SSMIN} = 1,4L_{WL} \cdot K_{DC}$$

$$P_{SSMIN} = 11,6278 \text{ KN/m}^2$$

En este caso  $K_z$  es el factor de reducción de presión en el costado, interpola la presión del costado entre la presión en la flotación y la presión de la cubierta en su borde superior.

$$K_z = \frac{Z - h}{Z}$$

En la cual  $Z$  es la altura de la parte superior del casco o del límite casco/cubierta por encima de la línea de flotación en metros.

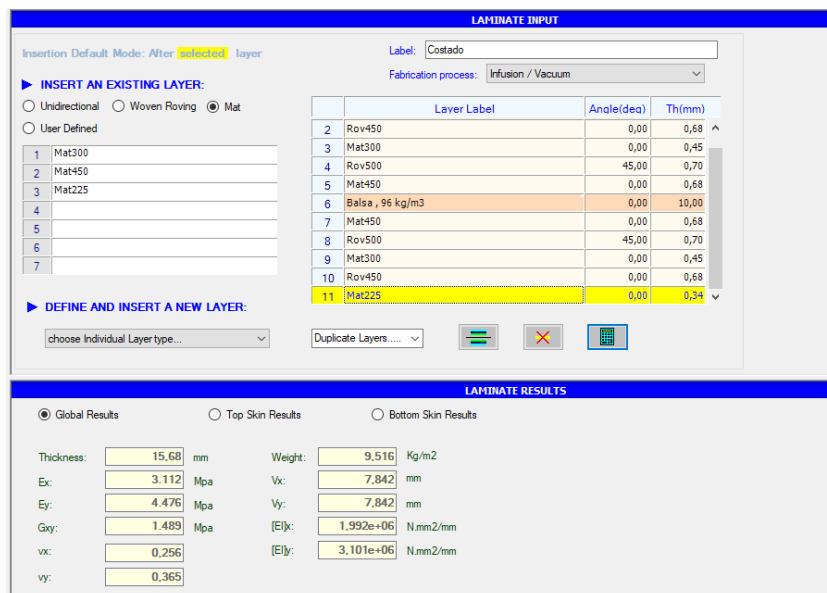
- $H$  es la altura del centro del panel por encima de la flotación a plena carga, en metros.

Nuestros paneles nos han dado los siguientes valores de presión:

Panel	PSS	PSSmin	Presión final
1	2,97	11,63	11,63
2	4,32	11,63	11,63
3	2,82	11,63	11,63
4	4,26	11,63	11,63
5	4,26	11,63	11,63
6	4,25	11,63	11,63
7	5,28	11,63	11,63
8	3,54	11,63	11,63
9	4,88	11,63	11,63
10	9,06	11,63	11,63
11	4,23	11,63	11,63
12	7,78	11,63	11,63
13	7,77	11,63	11,63
14	7,96	11,63	11,63
15	7,68	11,63	11,63
16	10,01	11,63	11,63
17	6,69	11,63	11,63
18	9,30	11,63	11,63

*Tabla 8: Resultados de las presiones en los paneles del costado*

En el programa de composeIT de Bureu Veritas la laminación queda así:



The screenshot shows the 'LAMINATE INPUT' and 'LAMINATE RESULTS' sections of the ComposeIT software.

**LAMINATE INPUT:**

- Label: Costado
- Fabrication process: Infusion / Vacuum
- Insertion Default Mode: After selected layer
- Options: Unidirectional, Woven Roving, **Mat** (selected), User Defined
- Layer list (1-11):
 

Layer	Label	Angle(deg)	Th(mm)
2	Rov450	0,00	0,68
3	Mat300	0,00	0,45
4	Rov500	45,00	0,70
5	Mat450	0,00	0,68
6	Balsa , 96 kg/m3	0,00	10,00
7	Mat450	0,00	0,68
8	Rov500	45,00	0,70
9	Mat300	0,00	0,45
10	Rov450	0,00	0,68
11	Mat225	0,00	0,34

**LAMINATE RESULTS:**

- Global Results (selected), Top Skin Results, Bottom Skin Results
- Thickness: 15,68 mm
- Weight: 9,516 Kg/m2
- Ex: 3,112 Mpa
- Ey: 4,476 Mpa
- Gxy: 1,489 Mpa
- vx: 0,256
- vy: 0,365
- Vx: 7,842 mm
- Vy: 7,842 mm
- [E]x: 1,992e+06 N.mm2/mm
- [E]y: 3,101e+06 N.mm2/mm

*Ilustración 31: laminación del costado programa, ComposeIT*

El laminado del costado será de tipo sándwich con un núcleo de madera de balsa de 96 Kg/m3. El resto de la composición será una mezcla de mat 225, mat 300, mat 450, rov 450 y rov 500.

### 5.3 Presión de la superestructura del velero

La presión de diseño de las superestructuras y casetas expuestas a la intemperie de los veleros es proporcional a la presión de la cubierta, pero no se tiene que tomar inferior a  $P_{DSMÍN}$  en las zonas donde se pueda caminar. Se calcula mediante la fórmula:

$$P_{SUP} = P_{DSbase} \cdot K_{AR} \cdot K_{DC} \cdot K_{SUP}$$

- $K_{SUP}$  es el factor de reducción de presión para las superestructuras y casetas, varía en función de la situación y viene definido por la tabla:

**Tabla 4 – Valores de  $k_{SUP}$  para superestructuras y casetas**

Situación del panel	$k_{SUP}$ para superestructuras y casetas	Aplicación
En el frente de proa	1	Todas las zonas
En el costado	0,67	Zonas de paso
En el costado	0,5	Zonas de no paso
En la cara posterior	0,5	Todas las zonas
Parte superior, $\leq 800$ mm por encima de cubierta	0,5	Zonas de paso
Parte superior, $> 800$ mm por encima de cubierta y pisos superiores	0,35	Zonas de paso
Pisos superiores <sup>a</sup>	Presión mínima de cubierta 5 kN/m <sup>2</sup>	Zonas de no paso

<sup>a</sup> Los elementos no expuestos a la intemperie deben considerarse como pisos superiores.

*Ilustración 32: Valores  $K_{SUP}$  de la Normativa ISO 12215*

Nosotros elegiremos los valores 1 para el panel de la parte de proa, 0,67 se aplicará en los paneles de los costados de zonas de paso y 0,5 se aplicará a los paneles de la parte posterior y la parte superior.

El resultado final será:

Panel	PSUP	PSUPmin	PSUPfinal
1	5,85	5	5,85
2	3,92	5	5,00
3	5,16	5	5,16
4	4,74	5	5,00
5	4,74	5	5,00

*Tabla 9: Resultados de las presiones en la superestructura*

Las presiones finales se han acercado al valor por defecto.

El laminado elegido para la superestructura será el mismo que el de la cubierta.

## 5.4 Cálculo de las presiones de cubierta

La presión de diseño en las cubiertas expuestas a la intemperie de los veleros es el mayor valor de:

$$P_{DS} = P_{DSBASE} \cdot K_{DC} \cdot K_{AR} \cdot K_L$$

$$P_{DSMIN} = 5 \text{ kN/m}^2$$

Donde:

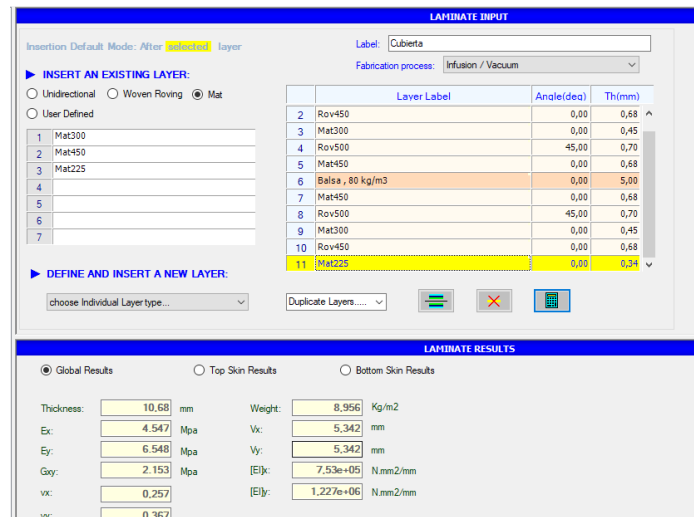
$$P_{DSBASE} = 0,5 \cdot m_{LDC}^{0,33} + 12$$

El resultado final será:

Panel	PDS	PDSmin	PDSfinal
1	3,86	5	5
2	4,75	5	5
3	4,75	5	5
4	4,34	5	5
5	1,93	5	5
6	2,30	5	5
7	3,21	5	5

*Tabla 10: Resultados de las presiones de la cubierta*

En el programa de composeIT de Bureu Veritas la laminación queda así:



Layer	Label	Angle(deg)	Th(mm)
2	Rov450	0,00	0,68
3	Mat300	0,00	0,45
4	Rov500	45,00	0,70
5	Mat450	0,00	0,68
6	Balsa, 80 kg/m3	0,00	5,00
7	Mat450	0,00	0,68
8	Rov500	45,00	0,70
9	Mat300	0,00	0,45
10	Rov450	0,00	0,68
11	Mat225	0,00	0,34

Global Results		Top Skin Results		Bottom Skin Results	
Thickness:	10.68 mm	Weight:	8.956 Kg/m2		
Ex:	4.547 Mpa	Vx:	5.342 mm		
Ey:	6.548 Mpa	Vy:	5.342 mm		
Gxy:	2.153 Mpa	[E]x:	7.53e+05 N.mm2/mm		
vx:	0.257	[E]y:	1.227e+06 N.mm2/mm		
vy:	0.367				

*Il·lustració 33: laminació de la cuberta con el programa compositeT*

El laminado de la cuberta será de tipo sándwich con un núcleo de madera de balsa de 80 Kg/m3. El resto de la composición será una mezcla de mat 225, mat 300, mat 450, rov 450 y rov 500.

## 5.5 Presiones de escantillonado y refuerzos

Después de realizar los escantillonados de las diferentes zonas del barco, analizaremos los refuerzos y dedicaremos tiempo a realizar un escantillonado con las dimensiones que contrarresten estos esfuerzos.

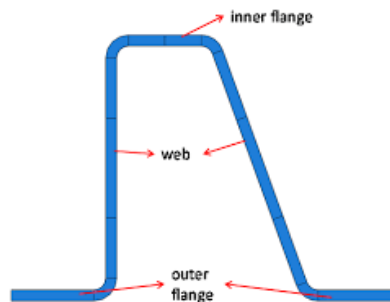
En el caso de un velero la zona de la unión orza-casco es un punto de tensiones enorme y es por ello por lo que además de garantizar la integridad del casco frente a los esfuerzos generales debidos al medio, se debe dotar de suficiente resistencia para soportar los esfuerzos locales de esta zona.

Los refuerzos que nosotros realizaremos a nuestra embarcación serán de dos tipos:

- El primero será de tipo omega
- El segundo será de tipo “flat”.



El refuerzo tipo omega está compuesto de varias partes. La “web” es la parte vertical, el flange es la parte horizontal y el outer flange es la parte horizontal que se une con el panel principal.



Las características de la parte vertical es:

**LAMINATE INPUT**

Insertion Default Mode: After **selected** layer

Label: Longitudinal web

Fabrication process: Infusion / Vacuum

► INSERT AN EXISTING LAYER:

☐ Unidirectional  
 ☐ Woven Roving  
 ☒ Mat

☐ User Defined

Layer Label	Angle(deg)	Th(mm)
2	Rov450	0,00 0,68
3	Mat300	0,00 0,45
4	Rov500	45,00 0,70
5	Mat450	0,00 0,68
6	Rov600	90,00 0,68
7	Mat450	0,00 0,68
8	Rov500	45,00 0,70
9	Mat300	90,00 0,45
10	Rov450	0,00 0,68
11	Mat225	0,00 0,34

► DEFINE AND INSERT A NEW LAYER:

choose Individual Layer type...

Duplicate Layers.....

**LAMINATE RESULTS**

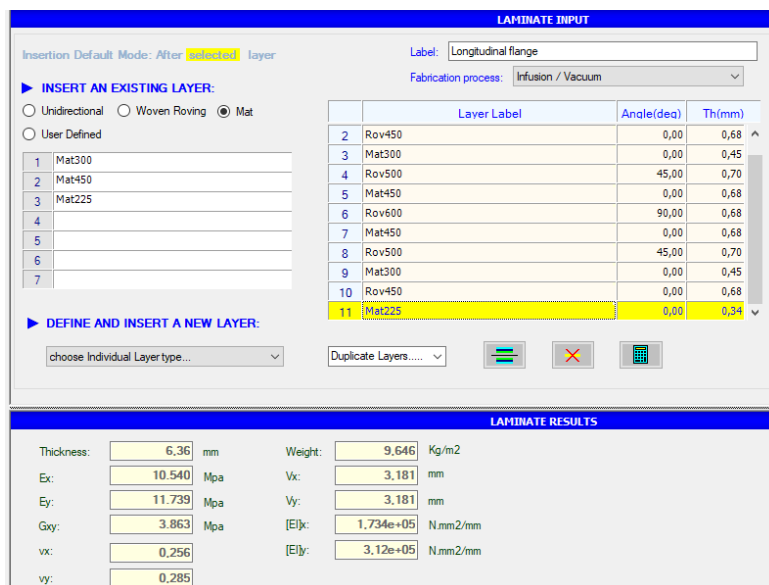
Thickness:	6,36 mm	Weight:	9,646 Kg/m <sup>2</sup>
Ex:	10.540 Mpa	Vx:	3,181 mm
Ey:	11.739 Mpa	Vy:	3,181 mm
Gxy:	3.863 Mpa	[EI]x:	1,734e+05 N.mm <sup>2</sup> /mm
vx:	0,256	[EI]y:	3,12e+05 N.mm <sup>2</sup> /mm
vy:	0,285		

*Ilustración 34: laminación refuerzo longitudinal Web, programa composeIT*

El laminado de la “longitudinal web” será una mezcla de mat 225, mat 300, mat 450, rov 450, rov 500 y rov 600.

El refuerzo tipo “flat” es simplemente poner más fibra y resina haciendo que el laminado sea más grueso.

Las características de la parte horizontal es:



**LAMINATE INPUT**

Insertion Default Mode: After selected layer

Label: Longitudinal flange

Fabrication process: Infusion / Vacuum

► INSERT AN EXISTING LAYER:

☐ Unidirectional  
 ☐ Woven Roving  
 ☒ Mat

☐ User Defined

Layer	Material	Angle (deg)	Th (mm)
1	Mat300		
2	Mat450		
3	Mat225		
4			
5			
6			
7			

► DEFINE AND INSERT A NEW LAYER:

choose Individual Layer type...

Duplicate Layers.....

**LAMINATE RESULTS**

Thickness:	6,36 mm	Weight:	9,646 Kg/m <sup>2</sup>
Ex:	10.540 Mpa	Vx:	3,181 mm
Ey:	11.739 Mpa	Vy:	3,181 mm
Gxy:	3.863 Mpa	[E]x:	1,734e+05 N.mm <sup>2</sup> /mm
vx:	0,256	[E]y:	3,12e+05 N.mm <sup>2</sup> /mm
vy:	0,285		

*Ilustración 35: laminación refuerzo longitudinal flange, programa compositeIT*

## 5.6 Requisitos para los refuerzos de la plancha de quilla

A continuación, se realizan los cálculos para dos situaciones diferenciadas: una colisión de la orza con un elemento sumergido y un vuelco a 90 ° de la embarcación. Se trata de dos situaciones dispares que producen unas sollicitaciones en la zona de unión casco-orza que deben considerarse debidamente ya que se pueden producir en condiciones de navegación.

En primer lugar, se analizará con la condición de colisión.

En segundo lugar, se analizará en condiciones de vuelco a 90°.

## 5.7 Longitudinales de fondo

Son refuerzos que discurren en el sentido longitudinal, de popa a proa, por el fondo del casco y que dotan a la estructura de resistencia a la flexión longitudinal.

Se distingue fácilmente ya que hay dos refuerzos, uno en cada lado que se unen en la parte de proa. Este elemento requiere de una altura determinada para dotarlo de una inclinación y posición tal que permita su correcto funcionamiento, además de transmitir los esfuerzos al casco. Por tanto, habrá cuatro refuerzos. Dos de los refuerzos estarán dispuestos de popa a proa, uno en cada lado de la embarcación separados 0,4 m de la quilla cada uno. Se unirán en la proa para generar un refuerzo mayor para poder soportar golpes de proa o los pantocazos que realiza la embarcación en condiciones de navegación adversas.

Los dos otros refuerzos mencionados anteriormente, se dispondrán para la bancada del motor. Uno en cada lado, separados 0,4 m entre sí y 0,2 m de cada lado de la quilla. Estos refuerzos no serán tan grandes como los longitudinales que discurren por toda la embarcación.

Se muestran a continuación las propiedades del refuerzo.

*Ilustración 36: Dimensiones refuerzos longitudinales de fondo, fuente propia*

Como se puede ver en la anterior ilustración estos refuerzos son de tipo omega o sombrero de copa. Tienen una altura de 50 mm, una amplitud de 50 mm y una zona horizontal pegada al panel principal de 30 mm por cada lado.

## 5.8 Longitudinales de costado

Refuerzos que discurren en el sentido de la eslora por el costado del casco y que dotan a la estructura de resistencia a la flexión longitudinal.

Se muestran a continuación el refuerzo representativo de su conjunto por solicitar los mayores requisitos mecánicos:

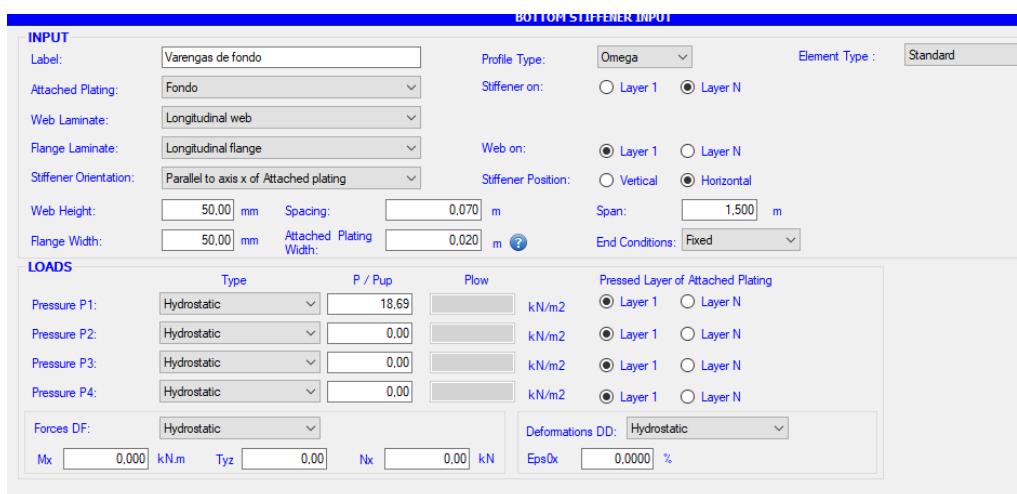
*Ilustración 37: Dimensiones refuerzo longitudinal de costado, fuente propia*

Los refuerzos longitudinales de costado también serán de tipo omega o sombrero. Tendrán una altura de 50 mm, una amplitud de 50 mm y una parte horizontal pegada al panel de 50 mm por cada lado.

## 5.9 Varengas de fondo

Refuerzos que se localizan en el sentido de la manga por el fondo del casco y que dotan a la estructura de resistencia a la flexión transversal.

Se introducirán 4 varengas de fondo, dos antes del mástil y dos después de dicho elemento. Las dos varengas de fondo en la parte anterior al mástil desde la popa, uno se utilizará para reforzar la bancada del motor y el otro hará la función de soportar la parte posterior de la orza para que en caso de colisión no se produzca un agrietamiento o una fuga en dicha zona. Estos elementos están calculados para poder ayudar a reforzar de modo más estricto el fondo de la embarcación.



*Ilustración 38: dimensiones varenga de fondo, programa composeIT*

Estos refuerzos serán de tipo omega o sombrero. Tendrán una altura de 50 mm y una amplitud de 50 mm y una parte horizontal pegada al panel de 10 mm.

## 5.10 Cuadernas

Refuerzos que se colocan en el sentido de la manga que hacen de elemento estructural por el fondo del casco y el costado, y que dotan a la estructura de resistencia a la flexión transversal haciendo solidarios los refuerzos longitudinales que cruza.

Dispondremos de un total de nueve cuadernas a lo largo de nuestra embarcación. Incluiremos la cuaderna maestra, los mamparos de la entrada a la cubierta interior de la embarcación, el mamparo que divide el salón del camarote de proa y los mamparos estancos de proa y popa.

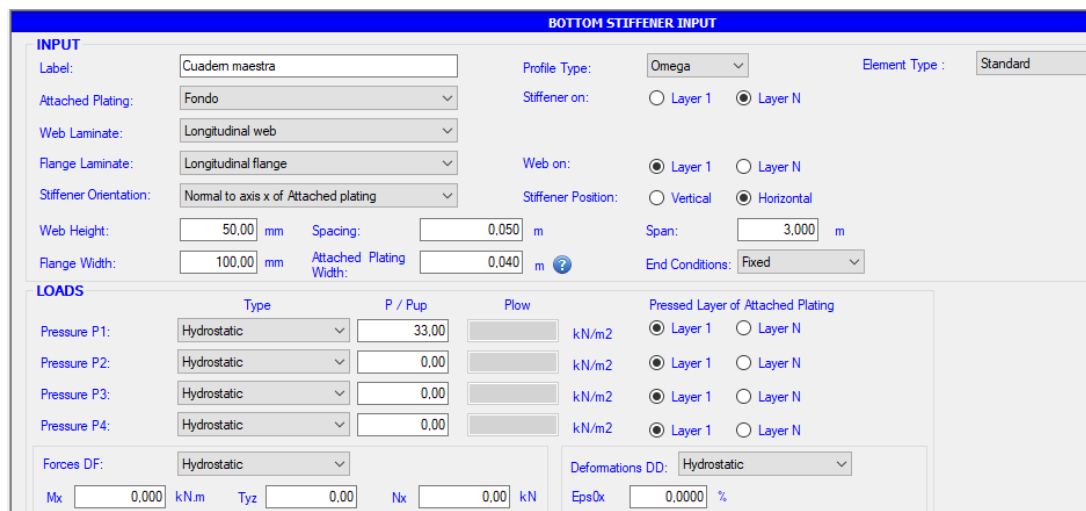
Se muestra a continuación las características de las cuadernas generales:



*Il·lustració 39: dimensions cuadernas, programa composeIT*

Las cuadernas se caracterizarán por ser un refuerzo tipo omega o tipo sombrero. Tendrán el laminado característico de los refuerzos que hemos acordado. Tendrán una altura de 50mm, una amplitud de 50mm y una parte horizontal pegada al panel de 20mm por cada lado.

Se muestra a continuación las características de la cuaderna maestra:



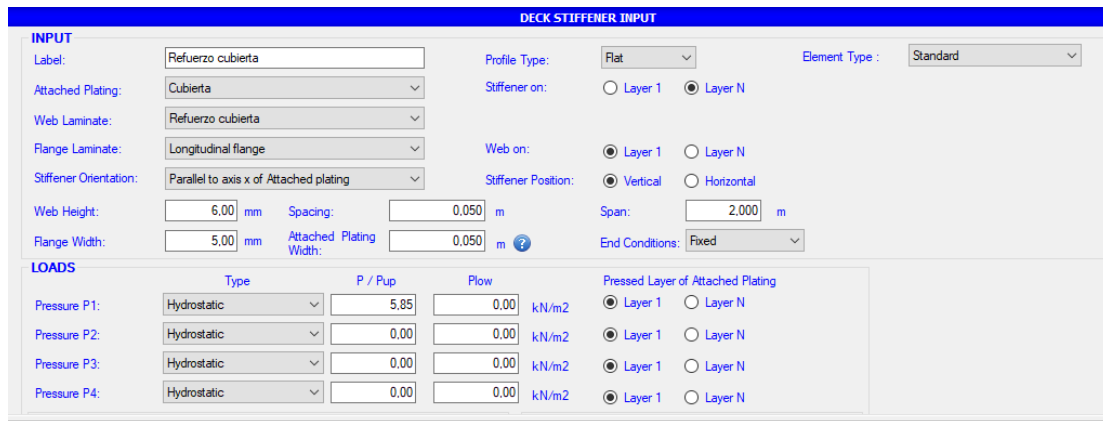
*Il·lustració 40: dimensions cuaderna maestra, programa composeIT*

La cuaderna maestra se determinará por ser el doble de grande de la cuaderna general. Tiene que soportar los esfuerzos del mástil en todas sus formas y se caracterizó por ser también la cuaderna que recibe más tensiones por estar en el centro de la embarcación. Se determinará porque tendrá una altura de 50mm, una anchura de 100mm y una base horizontal pegada al panel de 20mm.

## 5.11 Refuerzos de la cubierta

Los refuerzos de la cubierta son elementos estructurales que se colocan en la parte inferior de la cubierta, en la parte interior del barco, para reforzar la cubierta de cualquier tipo de esfuerzo no deseado. En la zona de paso de la cubierta quedará el refuerzo de la unión entre el casco y la cubierta, así que no habrá refuerzos en los pasillos laterales que rodean la superestructura. Se podrán refuerzos en zonas donde hay tensiones puntuales, sobre todo cerca de elementos de la maniobra donde están los mayores esfuerzos.

El refuerzo de la cubierta será de tipo “flat”. Y quedará de esta manera:



DECK STIFFENER INPUT					
<b>INPUT</b>					
Label:	Refuerzo cubierta	Profile Type:	Flat	Element Type:	Standard
Attached Plating:	Cubierta	Stiffener on:	<input type="radio"/> Layer 1 <input checked="" type="radio"/> Layer N		
Web Laminate:	Refuerzo cubierta	Web on:	<input checked="" type="radio"/> Layer 1 <input type="radio"/> Layer N		
Flange Laminate:	Longitudinal flange	Stiffener Position:	<input checked="" type="radio"/> Vertical <input type="radio"/> Horizontal		
Stiffener Orientation:	Parallel to axis x of Attached plating	Span:	2,000	End Conditions:	Fixed
Web Height:	6,00 mm	Spacing:	0,050 m		
Flange Width:	5,00 mm	Attached Plating Width:	0,050 m		
<b>LOADS</b>					
	Type	P / Pup	Plow	Pressed Layer of Attached Plating	
Pressure P1:	Hydrostatic	5,85	0,00 kN/m2	<input checked="" type="radio"/> Layer 1 <input type="radio"/> Layer N	
Pressure P2:	Hydrostatic	0,00	0,00 kN/m2	<input checked="" type="radio"/> Layer 1 <input type="radio"/> Layer N	
Pressure P3:	Hydrostatic	0,00	0,00 kN/m2	<input checked="" type="radio"/> Layer 1 <input type="radio"/> Layer N	
Pressure P4:	Hydrostatic	0,00	0,00 kN/m2	<input checked="" type="radio"/> Layer 1 <input type="radio"/> Layer N	

*Ilustración 41: dimensiones refuerzos de la cubierta, programa compositeIT*

Los refuerzos de la cubierta serán tipo “flat”. Serán un laminado adicional a las zonas donde hay grandes cargas puntuales, como pueden ser los elementos de la maniobra, winches stoppers, poleas, mordazas, etc. El laminado será un cruce de mat y roving puntuales.

## 5.12 Mamparos

Se disponen en el total de la estructura 4 mamparos, 2 estancos que son los del pique de proa y el mamparo del pique de popa, y otros dos no estancos que son el de acceso a la cabina desde cubierta, y el del camarote de proa.

Los mamparos serán contruidos en sándwich con núcleo de balsa de 80Kg/m<sup>3</sup> para dotar de mayor rigidez al conjunto, además de hacer las subdivisiones de los espacios de cierto porte.

Para ello se selecciona el mamparo que presenta mayores requisitos y que, por consiguiente, con un laminado que los satisfaga será suficiente para satisfacer los demás mamparos.

### 5.13 Cálculo de las presiones en mamparo estanco

Un mamparo estanco es un mamparo el cual no permite el paso de agua en caso de inundación del compartimento, es decir no tiene aberturas por donde se pueda filtrar el agua. En nuestro caso, dispondremos de mamparo de colisión que se encontrará dividiendo el cofre de anclas con el camarote de proa.

La presión mínima que habrán de soportar los mamparos estancos viene determinada por la fórmula:

$$P_{WB} = 10 \cdot K_B \text{ KN/m}^2$$

Donde:

$K_B$  es la altura de carga del agua en metros. En el caso de las chapas de costado y chapas verticales es la distancia media desde la parte superior de mamparo a un punto situado a 2/3 de la altura total del mamparo.

Así pues, se ha de conocer las dimensiones de los mamparos estancos para poder aplicar la formula. En este proyecto, el barco dispone de un mamparo estanco, el de colisión. Dispuesto entre el cofre de anclas y el camarote de proa.

La dimensión del mamparo de proa es de 1,3886 m de altura.

Como dicta la norma  $K_B$  es 2/3 de la distancia del mamparo en metros. Para nuestro mamparo se obtiene un  $K_B$  de 0.925.

$$P_{WB} = 10 \cdot 0,925$$

$$P_{WB} = 9,25 \text{ KN/m}^2$$

El laminado resultante del mamparo de colisión es:

Laminado			
<input checked="" type="radio"/> Global Results <input type="radio"/> Top Skin Results <input type="radio"/> Bottom Skin Results			
Thickness:	12,72	mm	Weight: 12,137 Kg/m <sup>2</sup>
Ex:	7.326	Mpa	Vx: 6,359 mm
Ey:	6.806	Mpa	Vy: 6,359 mm
Gxy:	2.309	Mpa	[E]x: 1,594e+06 N.mm <sup>2</sup> /mm
vx:	0,258		[E]y: 2,044e+06 N.mm <sup>2</sup> /mm
vy:	0,240		

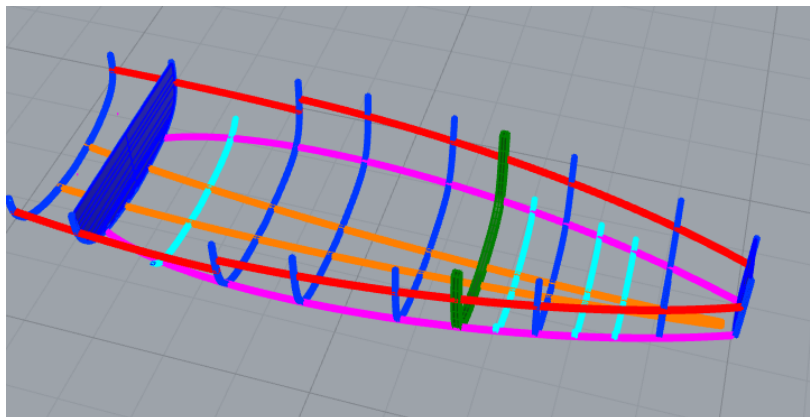
*Ilustración 42: resultado del laminado del mamparo de colisión*

El resultado del panel del mamparo de colisión final es de:

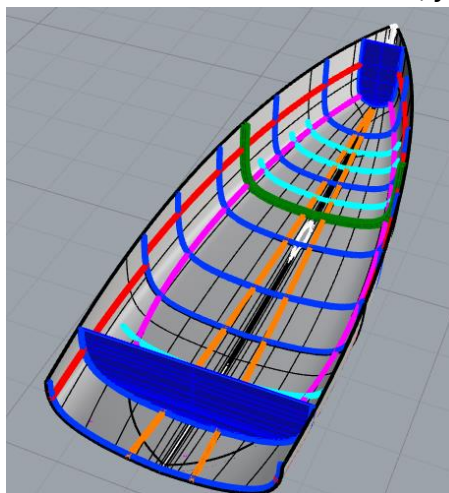
BULKHEAD PLATE INPUT									
<b>INPUT</b>		Label: <input type="text" value="Mamparo colisión"/>		Laminate: <input type="text" value="Mamparo"/>	Element Type: <input type="text" value="Standard"/>				
Length of Side along x (a): <input type="text" value="1.388"/> m		Width of Omega base along x (Ws,x): <input type="text" value="0.050"/> m		Picture					
Length of Side along y (b): <input type="text" value="0.780"/> m		Width of Omega base along y (Ws,y): <input type="text" value="0.050"/> m							
<b>LOADS</b>									
		TYPE		P		Pressed Layer of Laminate			
Pressure P1:		Hydrostatic			9.25	kN/m <sup>2</sup>	<input checked="" type="radio"/> Layer 1	<input type="radio"/> Layer N	
Pressure P2:		Hydrostatic			0.00	kN/m <sup>2</sup>	<input checked="" type="radio"/> Layer 1	<input type="radio"/> Layer N	
Pressure P3:		Hydrostatic			0.00	kN/m <sup>2</sup>	<input checked="" type="radio"/> Layer 1	<input type="radio"/> Layer N	
Pressure P4:		Hydrostatic			0.00	kN/m <sup>2</sup>	<input checked="" type="radio"/> Layer 1	<input type="radio"/> Layer N	
Forces DF:		Hydrostatic							
Nx	<input type="text" value="0.000"/>	Ny	<input type="text" value="0.000"/>	Nxy	<input type="text" value="0.000"/>	kN/m	EpsDx	<input type="text" value="0.000"/>	%
Mx	<input type="text" value="0.000"/>	My	<input type="text" value="0.000"/>	Mxy	<input type="text" value="0.000"/>	kN.m/m	EpsDy	<input type="text" value="0.000"/>	%
Txz	<input type="text" value="0.00"/>	Tyz	<input type="text" value="0.00"/>			kN/m	GamDxy	<input type="text" value="0.000"/>	%

*Ilustración 43: dimensiones mamparo de colisión*

Al realizar el 3D de los refuerzos de la embarcación nos ha quedado de una manera aproximada:



*Ilustración 44: estructura de la embarcación, fuente propia*



*Ilustración 45: estructura de la embarcación 2, fuente propia*



## 6. Diseño de la quilla

Después de haber analizado las características de la embarcación y sus dimensiones, calcularemos las dimensiones de la quilla y del timón de nuestra embarcación.

Los apéndices son dimensionados directamente por las características del plano vélico.

El plano vélico ha sido definido anteriormente en la base de datos, donde se han obtenido las dimensiones de las velas.

La quilla y el timón se comportan como un perfil, como también ocurría con las velas. Los perfiles crean una sustentación y una resistencia. Lo que se busca de un perfil es que este cree la menor resistencia posible, pero que cree la máxima sustentación posible, por lo tanto, se calculará la relación entre la sustentación y la resistencia y se escogerá aquella que mayor relación tenga.

El área de la quilla  $A_k$ , es un porcentaje del área total de la superficie vélica en ceñida, cuyo valor va variando dependiendo de la *waterline lenght*. Según la base de datos, la media de la línea de tendencia del área de la quilla es de un 3% del área de la superficie vélica para embarcaciones menores. Para embarcaciones de más eslora el valor se reduce a un 1,9% el área de la quilla respecto la superficie vélica en ceñida.

El área de la quilla es considerablemente menor que los diseños de veleros más antiguos. Antes se recomendaba que el área de la quilla fuese de un 3,5% del área de la vela independientemente de la eslora de la embarcación. La razón por la que este valor se ha reducido tanto es por la incorporación del bulbo. La quilla con bulbo era raramente diseñada en los veleros antiguos. Eso implica una reducción de hasta el 20% respecto las quillas antiguas. Otra razón por la que las quillas tienen un área lateral inferior es porque los veleros más modernos son más rápidos.

A continuación, calcularemos las formas de nuestra orza:

La altura de nuestra orza será de:

$$\text{Draft} = T - T_c = 2,6 - 0,353$$

$$\text{Draft} = 2,3\text{m}$$

Como hemos mencionado anteriormente, la quilla tiene que tener un área de entre 1,9% y 4,25 % del área total de la superficie velica en ceñida.

Como nuestra embarcación será diseñada para poder hacer regatas, nuestro valor seleccionado será de 2,5%.

El área de la quilla será de:

$$A_k = \text{Sail Area} \cdot \frac{2,5}{100} = 68 \cdot 0,025$$

$$A_k = 1,7\text{m}^2$$

Este valor hace referencia a la orza sin bulbo.

Aspect ratio:

$$AR = \frac{T_K}{C} = \frac{T_K^2}{A} = \frac{2,3^2}{1,7}$$

$$AR = 3,11$$

Un valor de 3 de aspecto ratio es lo normal para las quillas más modernas.

Chord:

$$C = \frac{A}{T_K}$$

$$C = 0,9536 \text{ m}$$

Taper ratio:

$$TR = \frac{C_2}{C_1}$$

$$TR = 0,8$$

Elegimos un taper ratio común entre los veleros crucero regata. Los veleros más veloces podrían tener un TR mucho menor, nosotros nos conformaremos con este.

Las cuerdas de la orza es la siguiente:

$$C = \frac{C_1 + C_2}{2}$$

$$C_1 = 0,86 \text{ m}$$

$$C_2 = 0,672 \text{ m}$$

Elegiremos una quilla en forma de T con bulbo. Son las mejores en cuanto a prestaciones en el rumbo de ceñida. Con un aspecto ratio como el nuestro, no supondrá muchos problemas en rumbos y vientos portantes.

Perfil Naca 63 - 010

Volumen sin bulbo

Peso (sin bulbo)

Volumen total

Peso total

Las fórmulas para calcular la resistencia inducida de la quilla se hacen mediante estos valores expresiones: nosotros lo haremos por medio de un software específico para poder hacerlo de una forma más exacta y visual.

Drag coefficient:

$$C_{DI} = \frac{C_L^2}{\pi \cdot AR}$$

Lift coeficient:

$$C_L = \frac{C_{L,2D,1^\circ}}{1 + \frac{2}{AR}}$$

Drag

$$D_I = C_{DI} \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A$$

Lift

$$L = C_L \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A$$

Nosotros lo haremos por medio de un software específico para poder hacerlo de una forma más exacta y visual.

## 6.1 Diseño del bulbo

El bulbo es un peso que se concentra en la parte inferior de la orza para poder realizar un momento adrizante para que la embarcación no vuelque. El uso de bulbos es exclusivamente nuevo, ya que no había muchas técnicas ni conocimientos para construir este tipo de sistemas.

Para nuestra embarcación hemos seleccionado un perfil de quilla en forma de T

La densidad del plomo es de 11340Kg / m<sup>3</sup>.

En las mediciones anteriores, nos ha dado un valor de lastre de 1608,18 Kg

Calcularemos el volumen necesario para formar estos kilogramos.

$$1608,18 \text{ Kg} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{11340 \text{ Kg}} = 0,142 \text{ m}^3$$

Nuestro bulbo tendrá que tener un volumen aproximado de 0,142 m<sup>3</sup>.

## 6.2 Cálculo de los pernos de la orza

Para calcular los pernos de la orza miraremos el manual de normas de la ABS. Es una parte estructural muy importante ya que deberemos hacer un refuerzo en el escantillando a la medida de los pernos y de los esfuerzos que tendrá que soportar.

Se decide por una configuración de 9 pernos dada la poca superficie de la cara superior de la orza calculada en el diseño. Su disposición será de 4 pernos a cada lado de la orza empezando desde la popa de la orza y uno en la proa de la orza en el centro.

El acero para los pernos es el acero inoxidable AISI-316 cuyo límite elástico es de 206 N/mm<sup>2</sup>.

- El mínimo diámetro de los pernos viene dado por la siguiente expresión:

$$d_{neck} = \sqrt{\frac{2,55 \cdot m_k \cdot a_k}{\sum b_i \cdot \sigma_y}}$$

Donde:

- $M_k = 1608,16$  Kg
- $A_k = 1,036$  m
- $B_i = 0,4$  m
- $\Sigma_y = 325$  N/mm<sup>2</sup>

$$d_{neck} = \sqrt{\frac{2,55 \cdot 1618,16 \cdot 1,036}{0,4^2 \cdot 325}}$$

$$d_{bolt} = 1,18 \cdot d_{neck}$$

$$d_{bolt} = 1,18 \cdot 9$$

$$d_{bolt} = 9 \text{ mm}$$

Para dimensionar los pernos de la quilla estudiaremos tres casos:

Caso 1:

$$F_1 = g \cdot m_k$$

- G= gravedad
- $M_k = 1608,16 \text{ Kg}$

$$F_1 = 15874,15 \text{ N}$$

- $A_k = 1,036 \text{ m}$

$$M_{1.1} = F_1 \cdot a_k$$

$$M_{1.1} = 15874,15 \cdot 1,036$$

$$M_{1.1} = 16445,61 \text{ Nm}$$

Cálculo de los pernos de la unión con el fondo para el caso 1:

$$d_{neck} = \sqrt{\frac{1273 \cdot b_i \cdot M_{1.1}}{\sum b_i^2 \cdot \sigma_d}}$$

- $B_i = 0,05 \text{ m}$
- $\Sigma_d = 175,9 \text{ N/mm}^2$

$$d_{neck} = \sqrt{\frac{1273 \cdot 0,05 \cdot 16,44561}{\sum 0,4^2 \cdot 175,9}}$$

$$d_{neck} = 6 \text{ mm}$$

$$d_{bolt} = 1,18 \cdot 6$$

$$d_{bolt} = 7,2 \text{ mm}$$

Necesitaremos unos pernos M12 de diámetro 12mm.

### Caso 2:

En este caso se estudiar la fuerza vertical de impacto, dedicada a contemplar una posible colisión con el fondo marino.

$$F_2 = g \cdot (m_{LDC} - m_{keel})$$

$$F_2 = 9,81 \cdot (4618 - 1608,16)$$

$$F_2 = 29251,85N$$

### Caso 3:

En este caso calcularemos la fuerza longitudinal de impacto y el momento longitudinal en la unión de la quilla con el casco.

$$F_3 = 1,2 \cdot g \cdot (m_{LDC} - m_{keel})$$

$$F_3 = 1,2 \cdot 9,81 \cdot (4618 - 1608,16)$$

$$F_3 = 35431,8 N$$

El momento longitudinal de la quilla en el nivel de la conexión con el casco se expresa con esta fórmula:

Donde  $F_3$  es la fuerza encontrada anteriormente y  $h_4$  es la altura de la quilla:

$$M_{3.1} = F_3 \cdot h_4$$

$$M_{3.1} = 35431,8 \cdot 2,3$$

$$M_{3.1} = 74406,85 Nm$$

Cálculo de los pernos del fondo para el caso 3:

$$d_{neck} = \sqrt{\frac{1273 \cdot I_R \cdot M_{3.1} T}{\sum R I^2 \cdot \sigma_d}}$$

- $M_{3.1} T = 38208,85 Nm$

$$d_{neck} = \sqrt{\frac{1273 \cdot 0,4 \cdot 38,20885}{0,1^2 \cdot 175,9}}$$

$$d_{neck} = 8,31 \text{ mm}$$

$$d_{bolt} = 1,18 \cdot d_{neck}$$

$$d_{bolt} = 1,18 \cdot 8,31$$

$$d_{bolt} = 9,8 \text{ mm}$$

Necesitaremos los pernos M12, de 12 mm de diámetro.

## 7. Diseño del timón

El área lateral del timón,  $A_r$ , también se presenta como un porcentaje del área total de la vela en ceñida. También se relaciona con la eslora total de la embarcación. El área lateral del timón recomendada para los científicos es de un porcentaje entre 1,6% y 0,8% de la superficie vélica en ceñida. Esta área es determinada la fuerza requerida para maniobrar la embarcación incluso cuando la velocidad es muy lenta. Antiguamente la media de la base de datos, lo más recomendable, era de 1,4% del área de la vela. Ahora la media de la línea de tendencia de la base de datos está entorno al 1,2%.

Para saber si elegir pala única o doble pala de timón, nos guiaremos por los manuales. Según la información adquirida.

La pala única del timón se utiliza para embarcaciones donde el rumbo de ceñida es importante. Si el barco debe ceñir de una forma importante se le construirá una popa con una manga justa. Con una manga pequeña se le aplicará un solo timón ya que el ángulo de escora es menor. El ángulo de escora menor no permite que la pala del timón totalmente vertical respecto el casco que no salga del agua en caso de una escora de la embarcación muy pronunciada.

La doble pala del timón se aplica a embarcaciones donde el rumbo de ceñida no es previsto que se navegue habitualmente. En estos tipos de embarcaciones se les construye una manga muy ancha en popa, ya que les hace más estables y les ayuda a planear mejor en rumbos abiertos. La doble pala es una buena opción si el barco tiene una escora muy prominente debido a la larga manga, así se asegura tener la maniobrabilidad en todo momento. También tiene la ventaja de que se puede reducir el área total del timón respecto a una pala, llegando a estar en torno a 0,9% el total de las dos palas respecto a 1,2% que rondaba la única pala. Otra ventaja de los dos ejes de los timones deja libre la parte media del casco, donde se puede colocar un garaje para el bote auxiliar.

Visto en la teoría, en nuestra embarcación hemos decidido incorporar doble pala para maniobrar. Hemos diseñado una popa muy ancha a las formas de la embarcación, así será mejor incorporar 2 palas en vez de una.

Debido al diseño de nuestra carena, con la manga máxima muy a popa y un calado de canoa muy corto, la navegación en ceñida en condiciones de viento elevadas provocará en ocasiones que la línea de crujía de la embarcación se encuentre en la línea de flotación o incluso fuera. Si la pala del timón se ubicase de forma convencional, perdería efectividad al tener bastante superficie fuera del agua, y generaría una resistencia por formación de olas. Se optará por integrar de doble pala de timón a la embarcación, lo que ayudará a una mayor estabilidad de rumbo y maniobrabilidad, ya que al tener los timones más separados de la línea de crujía crea un momento mayor y genera más maniobra con menos fuerza que actúe sobre él. También tendrá al menos una pala del timón totalmente sumergida en el agua, pudiendo actuar eficazmente en cualquier situación.

La superficie total debe descomponerse en dos, es decir, cada timón tendrá una superficie de 0,33 m<sup>2</sup> aproximadamente.



El siguiente parámetro que determinar es la altura o calado de la pala del timón ( $T_K$ ), que no excederá el de la orza a modo de protección contra impactos en aguas poco profundas. Se determina que será de 1 m.

A continuación, calcularemos la forma de las palas de nuestro timón:

El área del timón será de:

$$A_R = \text{Sail Area} \cdot \frac{1}{100} = 66,55 \cdot 0,01$$

$$A_K = 0,66 \text{ m}^2$$

Este valor hace referencia al área total de las dos palas.

Cada pala del timón tendrá un valor de:

Área de cada timón será de  $0,33 \text{ m}^2$ .

Aspect ratio:

$$AR = \frac{T_K}{C} = \frac{T_K^2}{A} = \frac{1^2}{0,33}$$

$$AR = 3$$

Un valor de 3 de aspecto ratio es lo normal para los apéndices más modernos.

Chord:

$$C = \frac{A}{T_K}$$

$$C = 0,33 \text{ m}$$

Los diseñadores apuntan que para ángulos del timón de  $0^\circ$  el Tape ratio tiene que ser de un valor entre 0,4 – 0,6 por razones de estabilidad.

Taper ratio:

$$TR = \frac{C_2}{C_1}$$

$$TR = 0,5$$

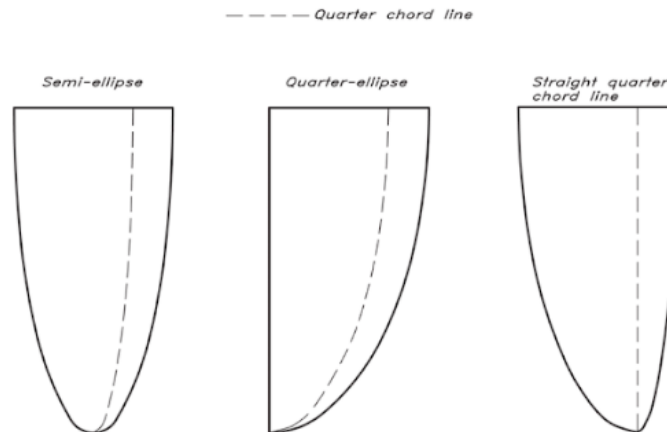
Elegimos un taper ratio común entre los veleros crucero regata. Los veleros más veloces podrían tener un TR mucho menor, nosotros nos conformaremos con este.

$$C = \frac{C_1 + C_2}{2}$$

$$C_1 = 0,44 \text{ m}$$

$$C_2 = 0,22 \text{ m}$$

Sweep angle será de 0° porque elegiremos el perfil elíptico de *straight quarter chord line*.



*Ilustración 46: formas del timón, fuente: internet*

Para hacer los timones más robustos posible entrada en estancamiento seleccionaremos un perfil NACA 0012.

### 7.1 Cálculo de la mecha del timón

En esta sección vamos a dimensionar la mecha del timón. Es un elemento muy importante de la embarcación ya que tienen que resistir grandes esfuerzos cuando hay condiciones adversas, y en caso de rotura el barco se queda a la deriva.

Para realizar los cálculos de la mecha del timón no apoyaremos en las fórmulas sacadas del libro de "The principles of yacht design".

Primero deberemos estudiar la fuerza que recibe por el costado la pala del timón.

$$F = 23 \cdot L_{WL} \cdot K_{sea} \cdot K_{LD}^2 \cdot K_{GAP} \cdot K_{USE} \cdot A$$

$$F = 23 \cdot 10,385 \cdot 1,4 \cdot 6,65^2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,33$$

$$F_1 = 4880 \text{ N}$$

Momento flector del timón:

$$M_H = F \cdot (h_c + h_b) = F \cdot z_b$$

$$M_H = 4880 \cdot (0,5 + 0,02)$$

$$M_H = 2537,6 \text{ Nm}$$

Par de fuerza del timón (Torque):

$$T = F \cdot r$$

$$T = 4880 \cdot 0,03$$

$$T = 146,4 \text{ Nm}$$

Momento flector equivalente:

$$M_{eq} = (M_H^2 + 0,75 \cdot T^2)^{0,5}$$

$$M_{eq} = (2537,6^2 + 0,75 \cdot 146,4^2)^{0,5}$$

$$M_{eq} = 2510,76 \text{ Nm}$$

Diámetro de la mecha del timón:

Lo mediremos con un acero inoxidable AISI 316.

$$d = 21,68 \cdot \left( \frac{M_{eq}}{\sigma_d} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 21,68 \cdot \left( \frac{2540,76}{195} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 51 \text{ mm}$$

Según los cálculos la mecha del timón será de 51 mm de diámetro.

Fuerza del cojinete superior:

$$R_U = \frac{F \cdot z_b}{h_u}$$

$$R_U = \frac{4880 \cdot 0,52}{0,30}$$

$$R_U = 6458,6 \text{ N}$$

Fuerza del cojinete del casco:

$$R_H = F + R_U$$

$$R_H = 4880 + 6458,6$$

$$R_H = 13338,6 \text{ N}$$

Mínimo FRP de capas encima del núcleo de espuma:

$$w_r = 1,1 \cdot k \cdot (0,115 \cdot L_{WL} + 0,15)$$

$$w_r = 1,1 \cdot 1 \cdot (0,115 \cdot 10,382 + 0,15)$$

$$w_r = 1,47 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

## 7.2 Dimensionamiento de la mecha del timón:

Para la mecha del timón utilizaremos un acero inoxidable AISI 316 trabajado en frío.

Una breve explicación del material según el fabricante:

Los aceros inoxidables son aleaciones de hierro con un mínimo de un 10,5% de cromo. Sus características se obtienen mediante la formación de una película adherente e invisible de óxido de cromo. La aleación 316 es un acero inoxidable austenítico de uso general con una estructura cúbica de caras centradas. Es esencialmente no magnético en estado recocido y sólo puede endurecerse en frío. Se añade molibdeno para aumentar la resistencia a la corrosión especialmente en entornos que contienen cloruros. El bajo contenido en carbono de la aleación 316L otorga una mejor resistencia a la corrosión en estructuras soldadas.

## 8. Diseño de la cubierta

### 8.1 Bañera

Espacio de la embarcación en popa donde se sitúa acoge el puesto de gobierno de la embarcación y gran parte de los elementos de maniobra de las velas. Se diseñan de unos espacios para sentarse llamados bancos en el sentido longitudinal y en el centro, longitudinalmente, se deja un pasillo libre para acceder al tambucho de entrada a la cubierta interior. Bajo el banco de estribor se suele disponer del espacio para estiba, para poder almacenar cabos de respeto, chalecos salvavidas, aparejos para la limpieza, etc. Existen dos modalidades de bañera, las abiertas por popa y las cerradas. Las bañeras abiertas, están bastante de moda en la actualidad. Las bañeras abiertas ofrecen una mayor amplitud, un acceso fácil desde el pantalán a la embarcación y una zona de baño cómoda. Además, en condiciones duras de navegación, cuando se está embarcando agua a bordo la bañera abierta desaloja el agua de inmediato. También están muy de moda las bañeras que en navegación son cerradas y cuando se está en condiciones de baño, se despliega el espejo de popa en forma horizontal y queda una plataforma en popa cómoda para disfrute de los navegantes. Por el contrario, una popa cerrada ofrece mayor protección a la tripulación de posibles caídas al mar por popa.

En la embarcación diseñada se centrará en una bañera abierta que va acorde al concepto de embarcación crucero-regata.

### 8.2 Cabina

La cabina es una parte del barco que cubre la entrada a la cubierta interior y le da una mayor altura, para que las personas puedan moverse cómodamente en el interior de la embarcación sin tener un francobordo exageradamente alto. Sobre ella discurren los reenvíos del mástil a la bañera y se disponen de diversos elementos como poleas, stoppers, mordazas para la maniobra y el trimaje de las velas. La ubicación de escotillas sobre la cabina no debe entorpecer el trabajo de la tripulación al ir a la base del mástil o al recoger la mayor ofreciendo una superficie resbaladiza.

### 8.3 Pasillos

Se sitúan en las zonas de paso entre bañera y triángulo de proa, y transcurren alrededor de la cabina. Estos deben estar despejados de elementos superfluos para una mayor comodidad de tránsito. Normalmente los carros de escota del Génova o foque discurren por los pasillos, así como el alojamiento de los cadenotes donde arraigan los obenques que soportan el mástil.

## 8.4 Triángulo de proa

Esta zona se encuentra delimitada por el forestay y el mástil. En esta zona se encuentra el barrido el génova al pasar de lado del barco y también se realizan las maniobras con el tangón. De forma general suele encontrarse una escotilla o varias escotillas que dan acceso e iluminación al camarote de proa, y en el extremo más a proa se sitúa el cofre de anclas.

## 9. Hardware de cubierta

Los elementos que controlan el plano son una serie de dispositivos dispuestos estratégicamente en cubierta tales como: winches, carros de escota, carriles, mordazas, desvíos, poleas, etc.

### 9.1 Winches

Para la embarcación de este proyecto se dispondrán cuatro winches en cubierta. Dos de ellos se encontrarán a ambas bandas de la embarcación a aproximadamente dos metros de la popa, que quede a la altura de la cubierta principal, de tal forma que cualquier tripulante que se encuentre en la bañera sea capaz de maniobrar el génova, y en todo caso, spi y gennaker, sin desatender la maniobrabilidad del velero. Los dos restantes, de menor tamaño, se encontrarán en la popa de la cabina, a ambos lados del tambucho, a los cuales les llegarán los diversos reenvíos del mástil. Con estos dos se podrá izar la mayor, izar el spi y el gennaker, tomar rizados, etc.

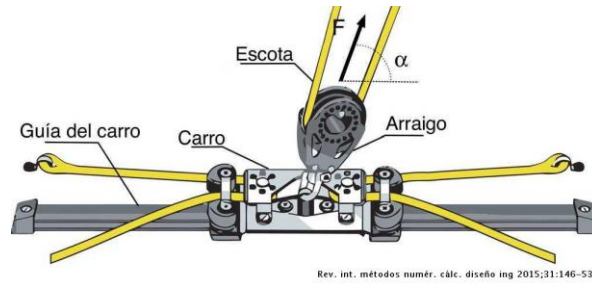


*Ilustración 47: winch*

### 9.2 Carriles de escotero

Los carros de escota sirven para trimar la mayor y el Génova, en la parte de la vela de baluma. Para poder cerrar la parte de la baluma o abrirla, dependiendo del rumbo o de las condiciones con las que navegamos.

En nuestra embarcación instalaremos los dos carros del Génova, uno en cada lado, y un carro en la bañera a la altura de la cubierta para la mayor. Al tener una longitud considerable, podremos manejar la mayor con más facilidad y darle forma a la vela de una manera óptima.



*Ilustración 48: escotero vela mayor*

### 9.3 Mordazas y stoppers

Los sistemas de mordazas y stoppers sirven para mantener cazados los cabos, escotas o drizas, para que estos no cedan a la tensión a la que son sometidos.

Se dispondrán 2 bloques de stoppers de 4 unidades cada una, a ambos lados del tambucho que da acceso a la cubierta inferior, y por delante de los winches de las drizas.



*Ilustración 49: stoppers*

### 9.4 Desvíos de cubierta

Son poleas que se adhieren a lado del mástil para poder desviar todas las drizas y cabos a sus respectivos stoppers. En nuestro caso tendrá 2, uno a cada lado del mástil de 4 poleas cada uno.





*Il·lustració 50: desvíos*

### 9.5 Anillos de trimado

Son unos anillos por donde pasan las escotas del Génova o foque que ayudan a trimar cuando se tira de ellos en las direcciones correctas.



*Il·lustració 51: anillos de trimado*

## 10. Construcción del aparejo

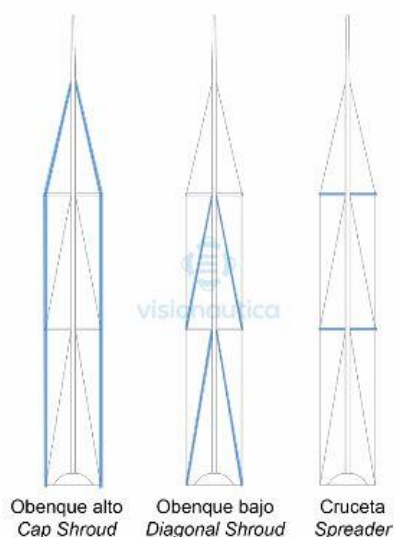
### 10.1 Jarcia firme

Las jarcias son el conjunto de cabos y cables que complementan la arboladura de un barco. Las jarcias firmes o fijas son aquéllas que, salvo causa mayor de trimaje, no vuelven a tocarse durante la vida real de un barco.

En un mástil de dos pisos de crucetas suele disponerse de obenques altos, los que discurren casi del tope de mástil a la base, obenques intermedios, los que discurren del piso superior de crucetas a la base donde se une con la cuaderna, y obenques bajos o obenquillos, los que discurren del piso inferior de crucetas a los cadenotes.

#### 10.1.2 Obenques

Son los cables de acero inoxidable AISI 316 que sujetan el mástil en el sentido de la transversal. Van sujetos por un extremo al mástil y en el otro a los cadenotes que se fijan en la cubierta. En un mástil con dos pisos de crucetas suele disponerse de obenques altos, los que discurren del tope de mástil a los cadenotes, obenques intermedios, los que discurren del piso superior de crucetas a los cadenotes, y obenques bajos, los que discurren del piso inferior de crucetas a los cadenotes.



*Ilustración 52: obenques*

### 10.1.3 Forestay

Es un cable que se dispone desde casi el extremo de la proa hasta la parte de proa del mástil, impidiendo que éste se desplace hacia popa debido a la acción del viento sobre las velas. Según el tipo de jarcia escogido el forestay se fija a tope de mástil o a una altura inferior. El anclaje se realiza por un extremo al mástil y por el otro a cubierta, en el extremo de proa.



*Ilustración 53: stay de proa*

### 10.1.4 Backstay

Para obtener la curvatura deseada longitudinal del mástil, se utiliza el. Este discurre desde el tope de mástil hasta popa, fijado en el espejo. Se suele disponer de un sistema de poleas que permiten cazar o soltar el bakstay con mayor facilidad. En veleros con esloras superiores se utilizan dispositivos hidráulicos que permiten trimar el backstay para mejorar la forma de la superficie vélica.

### 10.1.5 Cadenotes

Los cadenotes sirven para sujetar firmemente los obenques que sujetan el mástil a cubierta, transmitiendo los esfuerzos a la estructura de la embarcación, generalmente a la cuaderna maestra o una cuaderna estructural. Suelen estar formados por una base y una o dos orejas verticales a los que se anclan los obenques. Los cadenotes más modernos son mediante una placa anclada fuertemente a la cubierta, y con ellas se sujetan los obenques con una rosca para poder alargar o acortar la longitud de los obenques y darles más tensión o menos tensión a los obenques. Los cadenotes pueden ir collados a cubierta mediante unión mecánica o bien laminados.



*Il·lustració 54: cadenotes*

## 10.2 Tipo de aparejo

El aparejo a tope de mástil se emplea fundamentalmente en embarcaciones de crucero, donde los cambios de bordos no son demasiado frecuentes y sus mayores son de menor superficie. Otro aspecto determinante es que en este tipo de embarcaciones el trimado del mástil es prácticamente nulo por parte de la tripulación.

El aparejo fraccionado se caracteriza por que el forestay no se encuentra a tope de mástil. Existen diferentes configuraciones: 3/4, 7/8, etc. El objetivo fundamental de este tipo de configuración es reducir el tamaño de la vela de proa, aumentando la superficie de la mayor y permitiendo un mejor paso de bordo a bordo, dado el menor tamaño del génova. También permite el trimado del mástil de forma óptima. Dependiendo de la configuración el mástil trimará diferente y se necesitarán diferentes aparejos para lograrlo.

## 10.3 Distribución de la superficie vélica

La distribución de las fuerzas que actúan sobre las velas es muy importante para poder determinar el comportamiento que tendrá la navegación con este tipo de propulsión y para calcular otras partes de la embarcación como la orza, el mástil, etc. Las dimensiones de génova y mayor dependen directamente de la posición del mástil en el sentido de la eslora y de la altura de este. Aunque hagamos encontrado las dimensiones de las velas por el método de regresión, en este apartado validaremos y configuraremos nuestras velas a la forma y tamaño que realmente necesitamos o queremos desarrollar.

Para determinar la posición del mástil se utiliza la regla general desarrollada por *Stephen Ditmire* que dispone que una posición óptima del mástil es al 40% de la eslora de flotación tomando el "0" en el extremo de proa. La posición del mástil puede interferir en la acomodación interior y en la posición de los refuerzos, así como su interferencia con la posición de la orza, cuestión que se desarrollará más adelante.

$$10,47 \cdot \frac{41}{100} = 4,3 \text{ m}$$

En la embarcación que nosotros diseñamos se encuentra a 4,3 m de la proa.

La superficie vélica obtenida anteriormente es totalmente orientativa. Ahora calcularemos las dimensiones de la vela reales ya que hemos obtenido la posición real del mástil. Vamos a jugar con la altura del mástil teniendo en cuenta que a mayor centro de presión vélica, el brazo escorante aumentará obteniendo una embarcación más blanda. Para el cálculo del CPV (centro de presión vélica) se utiliza un alzado del plano vélico, por una banda se determina el centroide de la mayor y del génova, y una vez obtenidos el centroide total se encontrará en la línea que une ambos dos. Dicho centroide no es constante en todas las condiciones de navegación habidas y por haber. Para la determinación de la posición del centro de presión vélica se emplea la siguiente fórmula:

$$a = \frac{I}{\frac{A_M}{A_F} + 1}$$

- a: distancia entre el centroide de la mayor y el CPV
- I: distancia entre los centroides de la mayor y el génova
- $A_M$ : áreas proyectada de la mayor
- $A_F$ : área proyectada del génova

A partir de dichos parámetros se puede proceder al cálculo de superficie de la vela mayor ( $A_M$ ) y la superficie del génova ( $A_F$ ), así como la superficie total proyectada  $A_S$ .

$$A_M = \frac{P \cdot E}{2}$$

$$A_F = \frac{I \cdot J}{2}$$

La distribución del plano vélico, o relación entre la superficie del génova y la mayor se suele encontrar para embarcaciones de este tipo entre un 27/73% y un 58/42 %. Una vez la posición del mástil ha sido definida en un 41 % de Lwl, la dimensión J queda determinada en 4,3 m. Con el parámetro J establecido se puede pasar a definir la dimensión E teniendo en cuenta la posición del patrón. E por tanto tendrá un valor de 4,6 metros.

A continuación, se procede a la estimación de las alturas de ambas velas, considerando la altura de la botavara respecto al suelo de la bañera para que la maniobra en cubierta sea cómoda. La altura de la botavara respecto a la bañera será de 1,9 metros, lo justo para que una persona de una buena estatura pueda transitar de forma cómoda. En el estudio estadístico la superficie vélica en ceñida quedó definida en 66,55 m<sup>2</sup> por tanto la altura del mástil queda determinada junto a las dimensiones de las bases de las velas. La altura de la mayor, P, será de 12,47 metros.

Con P determinado, la altura del mástil es conocida, y por tanto la dimensión I pasa a ser

conocida. I será de 13,97 metros.

Nosotros aplicaremos un Génova de 7/8, por lo tanto, la altura del Génova será de:

$$\frac{7}{8} \cdot 13,97 = 12,22 \text{ m}$$

Nuestro foque tendrá una altura vertical de 12,22 m.

En resumen

$$A_M = 38 \text{ m}^2$$

$$A_F = 30,3 \text{ m}^2$$

$$A_S = 68,3 \text{ m}^2$$

En esta parte se está calculando en base a el área proyectada en una vista en alzado de la embarcación. La diferencia en m<sup>2</sup> respecto al área total del plano vélico reside en el triángulo posterior del génova que queda por detrás de la mayor y en la vela trapezoidal de la mayor. En el caso estudiado se dispone un génova del 120%, es decir, de un área igual a 30,3 m<sup>2</sup>, área que reside en una extensión de la base del triángulo de proa más allá del mástil de 0,9, metros que multiplicado por la dimensión I da los 5,5 m<sup>2</sup> restantes. La parte superior de la vela mayor tendrá una longitud de 1,3 m a partir del mástil. Poniendo una vela trapezoidal se aumentará el área en 9,32m<sup>2</sup>. El área total de la vela mayor será de 38m<sup>2</sup>

La suma de las dos velas nos da un valor de superficie vélica en ceñida total de 68 m<sup>2</sup>. Es un valor bastante considerable para esta embarcación.

La forma de las velas desde una vista de alzado será aproximadamente así:

Parámetro	Valor	Unidad
LOA	10,47	m
Calado	2,65	m
Área total	68,3	m <sup>2</sup>
Lastre	1608,18	kg
Superficie del foque	30,3	m <sup>2</sup>
Superficie de la vela mayor	38	m <sup>2</sup>
J	4,3	m
J+E	8,73	m
I	13,97	m
P	12,47	m

*Tabla 11: Resultados finales del plano vélico*

Los valores que se indican en la *Tabla 11* anterior están en metros.

## 11. Diseño del aparejo

En este apartado analizaremos la información sobre las velas que hemos obtenido en los cambios realizados en el apartado anterior. También analizaremos el empuje que pueden realizar nuestras velas y la resistencia. Para finalizar analizaremos unos valores importantes obtenidos por unas expresiones sobre las dimensiones de las velas.

Para analizar la forma de las velas utilizaremos el *aspect ratio*. El *aspect ratio* de las velas es un valor que nos indica la relación entre la altura y la envergadura de la vela. Cuanto mayor es el valor del *aspect ratio*, la vela será más alta y más estrecha, como un planeador. Cuanto menor sea el valor del *aspect ratio*, más baja y más ancha será la vela, como un avión de carga. El *aspect ratio* tiene influencia en la sustentación que produce la vela al pasar el aire a través de ella.

En la vela mayor, cuanto más grande sea el valor del *aspect ratio* más interferencias por el mástil tendrá la vela, y, por lo tanto, producirá menos sustentación. Pero, por otro lado, cuanto menor sea el *aspect ratio*, producirá más sustentación por altura de la vela, así que se necesitará de una quilla más larga y un buen peso de lastre para adrizar el barco.

Un buen valor de *aspect ratio* de la vela mayor sería entre 4,5 y 6, siendo 6 el límite máximo que se recomienda para generar suficiente empuje. La media está en 5,8.

El *aspect ratio* para nuestra mayor dimensionada será de:

$$AR = \frac{P}{E/2}$$

$$AR = 5,42$$

Este valor que nos ha dado es un valor ligeramente inferior para las características de nuestra embarcación con las que queremos partir. Así que tendremos que analizar otros aspectos también.

El *aspect ratio* en el foque tiene un rango diferente que el de la mayor debido a que no tiene las interferencias del mástil y solo tiene unas pequeñas interferencias por el stay y el carril del foque. Cuanto mayor sea el *aspect ratio* del foque, menos pujamen tendrá y se comportará mejor en condiciones de ceñida cerrada. Mientras que cuanto menor sea el *aspect ratio* de la vela de proa, ya que para valores menores se llaman génovas, tienden a ser mejores en rumbos más abiertos como una ceñida abierta, través e incluso largos cerrados.

Un buen valor de *aspect ratio* de la vela de proa estaría entre 6 y 8. Siendo la media de 7,1.

El *aspect ratio* para nuestro foque será de:

$$AR = \frac{I}{J/2}$$

$$AR = 6,75$$

El valor obtenido es algo modesto, debido a el largo pujamen que tiene. Para un génova para ir de crucero es un buen valor.

La vela de proa no es tan relevante como la vela mayor, ya que cuando se necesita en situaciones de regata se pueden tener diferentes foques y génovas con diferentes dimensiones. Dependiendo de las condiciones y rumbos con los que te encuentres pondrás proceder a utilizar el génova o foque con el aspecto de ratio más adecuado.

Algunas estadísticas a tener en cuenta:

El valor medio del área total de las velas y la superficie mojada del casco es de 2,4.

Para nuestro barco la relación es de:

$$\frac{SA}{W_A} = \frac{68}{25,422} = 2,67$$

Esta relación nos indica que nuestra embarcación se moverá más rápido en vientos flojos cuando la fricción es dominante.

La media del valor del área de la Vela / (desplazamiento)<sup>2/3</sup> es de 20. Este valor no depende de la eslora. Cuanto mayor sea el valor mejores prestaciones tendrá en el mar en cuanto a velocidad en todos los rumbos. A menor valor, menos relación superficie vela / peso tendrá y no tendrá tantas prestaciones.

Para nuestro barco la relación es de:

$$\frac{SA}{(displacement)^{\frac{2}{3}}} = \frac{68}{(4,61828)^{\frac{2}{3}}} = 24,52$$

El valor obtenido está ligeramente encima de la media, comprobando así que tiene las características para ser un barco competitivo.

Para terminar, calcularemos el porcentaje que tienen cada una de las velas sobre el total del área. La media del valor de la mayor es que tenga un 54% del total de la superficie.

Nuestra mayor tiene:

$$\frac{38}{68} = 0,56 \rightarrow 56\%$$

El porcentaje de nuestra mayor se encuentra por encima de la media.



## 11.1 Construcción del mástil

En este apartado procederemos a realizar todos los cálculos que hacen falta para construir un mástil y su jarcia. Analizaremos que configuraciones nos van mejor para nuestra embarcación. Seguiremos la normativa vigente para realizar los cálculos y verificar que todo esté bien.

La normativa de *Nordic boat Register* establece unos parámetros que hay que cumplir para poder determinar si el caso de estudio puede ser calculado con la misma.

La razón por la que utilizamos la NBS standard en vez de *Bureau Veritas* es simplemente que es una de las pocas sociedades de clasificación que tiene el mástil en consideración.

La primera verificación consiste en que el área del triángulo de proa no puede ser mayor a 1,6 veces el área de la vela mayor.

$$(I \cdot J) / (E \cdot P) < 1,6$$

La segunda verificación consiste en que el área total de las velas en ceñida debe ser mayor que el momento adrizante (righting moment) dividido 128 veces por el brazo escorante (heeling arm). Si esto no se

cumpliese se consideraría un buque a motor con una vela de capa.

$$A_s > RM / (128 \cdot HA)$$

Para empezar a dimensionar la jarcia se calcula el momento adrizante. Por lo general se coge 30º de escora ya que es un buen ángulo para analizar. Se tiene en cuenta que este ángulo es debido a una fuerza de viento bastante intensa, y que producirá grandes cargas estáticas sobre el aparejo resultando una buena velocidad al velero.

El estándar del NBS tiene en cuenta también el efecto de la tripulación haciendo banda, aspecto fundamental para aumentar las prestaciones de la embarcación y recurso siempre usado en regata.

$$\delta_{RM} = 75 \cdot n \cdot (3,4B - 4,9F_s)$$

- N: número de tripulantes
- B: manga del velero
- F<sub>s</sub>: francobordo a la altura del mástil

Para realizar el cálculo elegiremos 8 tripulantes. El francobordo a la altura del mástil será el máximo, está calculado en un apartado anterior y es de 1,22 m. La manga del velero es de 3,4m.

$$\delta_{RM} = 3437,4 \text{ Nm}$$

$$RM = RM_{30} \cdot \frac{\Delta}{G} + \delta_{RM}$$

- $RM_{30}$ : momento adrizante a 30º
- $\Delta$ : desplazamiento
- $G$ : peso en rosca

$$RM_{30} = GZ_{30} \cdot G$$

Encontramos la aproximación del desplazamiento del barco en el apartado 1.

$$\Delta = 4618,28Kg$$

El peso en rosca es de:

$$RM_{30} = 37466,4 \text{ Nm}$$

Procedemos a la comprobación de la normativa Nordic Boat Standard mencionada anteriormente.

La primera condición:

$$\frac{I \cdot J}{E \cdot P} = \frac{13,97 \cdot 4,136}{4,49 \cdot 12,47} = 1 < 1,6$$

La segunda condición:

$$SA > RM / (128 \cdot HA)$$

$$68 > \frac{RM}{128 \cdot HA}$$

$$68 > \frac{37466,4}{128 \cdot 5,6}$$

$$68 > 52,27$$

La estabilidad transversal del mástil depende del número de crucetas y de la ubicación del pie del mástil, apoyado en cubierta o en la quilla.

La estabilidad longitudinal depende también de la colocación del pie del mástil, del número de crucetas y su orientación (retrasadas o perpendiculares), de si se incorporan burdas y de las poleas del backstay.

Las ventajas de un número mayor de crucetas son:

- Palo de menor sección, lo que mejora la eficiencia de la mayor.
- Palo más ligero ya que se disminuye el espesor de la pared.
- Ángulos de caza del génova más pequeños ya que las crucetas son más cortas.

Los inconvenientes de un mayor número de crucetas son:

- Palo más difícil de trimar mediante el uso de los stays.
- Más cálculos para construirlos.
- Mayor coste de producción.

Las ventajas del mástil apoyado en la quilla:

- Mástil más delgado, mejor eficiencia de entrada de aire a la vela.
- Mástil de mayor ligereza, menor espesor de pared.
- Ángulo más pequeño de la escota del génova ya que las crucetas pueden ser más cortas.

Los inconvenientes del mástil apoyado en la quilla:

- Mástil más difícil de trimar, especialmente a lo largo de su longitud.
- Mayor fuerzas horizontales a la altura de la cubierta.
- Más probabilidad de embarcar agua dentro de la cubierta interior.

En la embarcación diseñada se opta por una configuración de mástil apoyado en quilla y con dos pisos de crucetas.

## Casos de estudio

El NBS considera dos casos distintos de cargas para dimensionar las estructuras consistentes en el efecto del viento y el mar.

### Caso 1

La jarcia está cargada solamente por la acción del viento sobre la vela de proa. La fuerza transversal será independiente de la forma de la vela que se use. Su valor será igual al momento adrizante dividido por la distancia entre la línea de flotación y la sujeción del stay al mástil.

$$T_1 = \frac{RM}{a_1}$$

$$a_1 = 14,22 \text{ m}$$

$$RM = 37466,4 \text{ Nm}$$

$$T_1 = 2634,768 \text{ N}$$

## Caso 2

La jarcia está cargada por la vela mayor con rizados tomados, suponiendo una situación meteorológica muy dura. La fuerza transversal en este caso también se obtiene dividiendo el momento adrizante por la distancia entre la línea de flotación y el centro de presión de la mayor tomado a 1/3 de la altura de la vela. Esta fuerza se descompone en dos, una aplicada en el puño de izado de la mayor ( $T_{\text{head}}$ ) y otra aplicada a la botavara ( $T_{\text{boom}}$ ). Si  $T_{\text{head}}$  se encuentra entre dos obenques esta fuerza a su vez se descomponen en dos, entre la cruceta inferior ( $T_{\text{hl}}$ ) y la superior ( $T_{\text{hu}}$ ). La fuerza de la botavara se distribuye también entre la cubierta y el primer piso de crucetas.

La fuerza de la botavara se distribuye también entre la cubierta y el primer piso de crucetas.

$$T_2 = \frac{RM}{a_2}$$

$$a_2 = 4,85 \text{ m}$$

$$T_2 = \frac{37466,4}{4,85}$$

$$T_2 = 7725,03 \text{ N}$$

La fuerza en el tope de la vela ( $T_{\text{head}}$ ) será igual a  $0,4 \cdot T_2$ . Eso da un valor de 3090,012 N.

La fuerza en la botavara ( $T_{\text{boom}}$ ) será igual a  $0,33 \cdot T_2$ . Eso da un valor de 2549,26 N.

$T_{\text{head}}$  se encuentra entre los dos obenques superiores, esta fuerza se descompone en dos entre la cruceta inferior ( $T_{\text{hl}}$ ) y la cruceta superior ( $T_{\text{hu}}$ ).

$$T_{\text{hu}} = \frac{T_{\text{head}} \cdot d_1}{(d_1 + d_2)}$$

- $d_1 = 0,73$
- $d_2 = 3,27$

$$T_{\text{hu}} = \frac{3090,012 \cdot 0,73}{(0,73 + 3,27)}$$

$$T_{\text{hu}} = 563,95 \text{ N}$$

$$T_{hl} = \frac{T_{head} \cdot d_2}{(d_1 + d_2)}$$

$$T_{hl} = \frac{3090,012 \cdot 3,27}{(0,73 + 3,27)}$$

$$T_{hl} = 2526,17 \text{ N}$$

$$T_{bu} = T_{boom} \cdot \frac{BD}{I_1}$$

$$T_{bu} = 2549,26 \cdot \frac{1,85}{5,25}$$

$$T_{bu} = 898,31 \text{ N}$$

M-2 / F-2 <sup>1)</sup> Si  $BD + 0,6 \cdot P > I_1 + I_2$

M-2 / F-2 <sup>2)</sup> Si  $BD + 0,6 \cdot P < I_1 + I_2$

Con nuestra configuración nos tocará M-2/F-2 <sup>2)</sup> para dimensionar las fuerzas  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ .

La fuerza de la botavara se distribuye también entre la cubierta y la cruceta inferior.

$$F_1 = 3424,48 \text{ N}$$

$$F_2 = 2526,17 \text{ N}$$

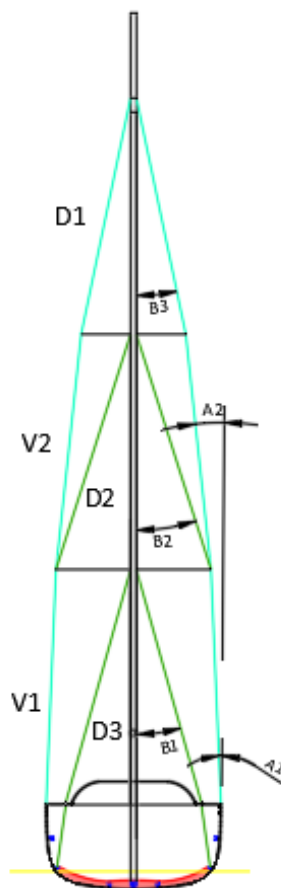
$$F_3 = 563,95 \text{ N}$$

## 11.2 Cálculo de los obenques

Para calcular los obenques nos ayudaremos de libros e información de los apuntes. También utilizaremos un plano de Autocad para poder realizar las medidas y cálculos más rápidamente.

Cuando se calculan las fuerzas en los obenques se tienen que tener en cuenta las dos situaciones de carga calculadas en los apartados anteriores. Deben compararse los resultados y escogerse el que peor resultados muestre, es decir, el más adverso.

Teniendo calculadas las tensiones en los obenques se les aplica un factor de seguridad, y se obtienen las tensiones de diseño que han de soportar estos elementos. Estos factores están directamente relacionados con las cargas dinámicas a las que afectan la estructura debido a los pantocazos, rachas inesperadas de viento, balanceos, etc. debidos al estado de la mar.



Il·lustració 55: Nomenclatura de los obenques

Tensió Obenques		
F1	3424,48	N
F2	2526,17	N
F3	563,95	N
D1	25366,97	N
D2	9248,67	N
D3	2712,45	N
V1	11484,46	N
V2	2663,31	N
C1	3140,97	N
C2	331,83	N
$\beta_1$	0,26	rad
$\beta_2$	0,31	rad
$\beta_3$	0,21	rad
A1	0,07	rad
A2	0,09	rad

Carga dimensionada		
PD1	71027,51	N
PD2	21271,95	N
PD3	8137,35	N
Pv1	36750,28	N
PV2	7989,93	N

Tabla 12: Tensiones de los obenques

### 11.3 Cálculo de las fuerzas de los stays

Las tensiones que tendrán que soportar stays dependerán de los elementos por los cuales son requeridos, es decir, por aquellos que los someten a esfuerzos debido a su propio trabajo o desempeño de funciones tales como winches, actuadores hidráulicos, flexión del casco, etc. El NBS considera en estudio seis configuraciones posibles para el cálculo de las cargas de rotura de los stays. Nuestro caso es el de stay de proa y doble backstay en popa.

Para nuestro velero deberemos encontrar  $P_{fo}$  (*forestay*) y  $P_a$  (*aftstay* o *backstay*).

$$P_{fo} = \frac{15 \cdot RM}{(I + F_s)}$$

- $RM = 37466,4 \text{ Nm}$
- $I = 12,22 \text{ m}$
- $F_s = 1,22 \text{ m}$

$$P_{fo} = 41815,18 \text{ N}$$

$$P_a = \frac{2,8 \cdot RM}{(I_a \cdot \sin \alpha)}$$

- $RM = 37466,4 \text{ Nm}$
- $I_a = 15,19 \text{ m}$
- $\alpha = 24^\circ$

$$P_a = 16979,65 \text{ N}$$

### 11.4 Cálculo del mástil

Después de conocer las tensiones que deberán hacer frente los obenques del velero, se procede a calcular las fueras y dimensionar el mástil. Es un elemento principal que mantiene las velas en la posición vertical y que es sujetado por el casco, los obenques y los stays.

La tensión creada sobre los obenques y stays crea una compresión en el palo. El mástil debe poderse curvar cuando se le aplique tensión en los obenques y stays, pero debe tener la suficientemente resistencia para no romperse debido a dichas tensiones.

La disposición de los diversos pisos de crucetas divide el mástil en paneles y el momento de inercia del mástil dependerá de la longitud de cada uno de los paneles y de las cargas que soporte ese panel.

### Cálculo de rigidez transversal

Para realizar la rigidez transversal necesitaremos comprobar algunos parámetros.

- $K_3 = 1$  el mástil se situará anclado en la quilla.
- $K_1 = 2,6$  panel 1 y 3,6 paneles 2 y 3
- $m = 1$ , el mástil estará construido en aluminio
- $b = 1,53$  m
- $PT_1 = \frac{1,5 \cdot RM}{b} = 36731,76$  N
- $PT_2 = PT_1 - D_1 \cdot \cos\beta_1 = 12229,15$  N
- $PT_3 = PT_1 - D_1 \cdot \cos\beta_1 - D_2 \cdot \cos\beta_2 = 3433,15$  N
- $I(n)_1 = 4,15$  m
- $I(n)_2 = 4,15$  m
- $I(n)_3 = 4,17$  m

$$I_x = k_1 \cdot m \cdot PT \cdot I(n)^2$$

$$I_1 = 2,6 \cdot 1 \cdot 36731,76 \cdot 4,15^2$$

$$I_1 = 1644793,115 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = 3,6 \cdot 1 \cdot 12229,15 \cdot 4,15^2$$

$$I_2 = 758219,53 \text{ mm}^4$$

$$I_3 = 3,6 \cdot 1 \cdot 3433,15 \cdot 4,17^2$$

$$I_3 = 214915,32 \text{ mm}^4$$



### Cálculo de rigidez longitudinal

A continuación, se procede al dimensionamiento del mástil según las demandas a las que es sometido en su sentido longitudinal.

$$I_y = k_2 \cdot k_3 \cdot m \cdot PT \cdot h^2$$

- $PT = 36731,76 \text{ N}$
- $K_2 = 0,95$
- $K_3 = 1$
- $m = 1$  porque es aluminio
- $h = 11,9 \text{ m}$

$$I_y = 0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 36731,76 \cdot 11,9^2$$

$$I_y = 4941505,307 \text{ mm}^4$$

### 11.5 Tope de palo

Es un punto crítico del mástil ya que no está sujeto por obenques o obenquillos, además allí se sujeta la vela mayor, el code 0, el spinnaker y el gennaker. También es donde se sujeta el backstay. Es una parte del mástil la cual recibe mucha tensión por parte de muchos sitios.

$$SM_x = \frac{1680 \cdot RM \cdot O_x}{(\sigma_{0,2} \cdot P)}$$

- $RM = 37466,4 \text{ Nm}$
- $O_x = 1,41 \text{ m}$
- $\sigma_{0,2} = 240 \text{ MPa}$
- $P = 12,47 \text{ m}$

$$SM_x = \frac{1680 \cdot 37466,4 \cdot 1,41}{(240 \cdot 12,47)}$$

$$SM_x = 29654,64 \text{ mm}^3$$

- $O_y = 2,02 \text{ m}$

$$SM_y = \frac{2100 \cdot RM \cdot O_y}{(\sigma_{0,2} \cdot P)}$$

$$SM_y = \frac{2100 \cdot 37466,4 \cdot 2,02}{(240 \cdot 12,47)}$$

$$SM_y = 53104,94 \text{ mm}^3$$

## 11.6 Cálculo de las crucetas

Las crucetas son elementos que tienen la finalidad de disminuir la longitud entre puntos de apoyo del mástil, es decir, de conseguir hacer el mástil en tramos diversos para que la sección de éste sea menor al descargar las tensiones en otros puntos.

También sirven para poder curvar el mástil según convenga en cada situación de navegación influenciado por las condiciones meteorológicas. Aplicando más tensión en condiciones duras para poder aplanar la vela mayor.

Para que las crucetas trabajen de forma adecuada debe procurarse que trabajen a compresión pura, evitando que se desplacen de forma vertical o longitudinal. La compresión en las crucetas vendrá dada por los ángulos que formen con los obenques. Por este motivo las crucetas deben colocarse con un cierto ángulo de inclinación respecto la vertical procurando que coincidan con las bisectrices de los ángulos que forman los obenques.

En los mástiles de un piso de crucetas es más fácil hacer el cálculo, en los mástiles de dos pisos de crucetas, el piso intermedio y el segundo piso vienen en ángulos diferentes y por lo tanto se tienen que tener en cuenta diferentes parámetros.

El momento de inercia de la cruceta a la mitad de la envergadura viene dada por la función:

$$I = \frac{0,8 \cdot c \cdot S^2}{(E \cdot \cos\delta)}$$

Primer piso de crucetas:

$$I_1 = \frac{0,8 \cdot 3140,97 \cdot 1467^2}{(68900 \cdot \cos 27,61)}$$

$$I_1 = 88572,91 \text{ mm}^4$$

Segundo piso de crucetas:

$$I_2 = \frac{0,8 \cdot 331 \cdot 931^2}{(68900 \cdot \cos 21,413)}$$

$$I_2 = 3578,17 \text{ mm}^4$$

Más cerca del mástil la cruceta debe presentar un módulo de sección de:

$$SM = k \cdot S \cdot V \cdot \cos \delta$$

Primer piso de crucetas  $SM_1$ :

$$SM_1 = \frac{0,16}{240} \cdot 1467 \cdot 9248,67 \cdot \cos 27,61$$

$$SM_1 = 8015,15 \text{ mm}^3$$

Segundo piso de crucetas  $SM_2$ :

$$SM_2 = \frac{0,16}{240} \cdot 931 \cdot 2712,45 \cdot \cos 21,413$$

$$SM_2 = 1567,31 \text{ mm}^3$$

La unión de la cruceta con el mástil debe poder hacer frente al momento de:

$$M = 0,16 \cdot S \cdot V \cdot \cos \delta$$

Primer piso de cruceta  $M_1$ :

$$M_1 = 0,16 \cdot 1467 \cdot 6248,67 \cdot \cos 27,61$$

$$M_1 = 1299665,381 \text{ Nmm}$$

Segundo piso de cruceta  $M_2$ :

$$M_2 = 0,16 \cdot 931 \cdot 2712,45 \cdot \cos 21,413$$

$$M_2 = 376156,43 \text{ Nmm}$$

## 11.7 Cálculo de la botavara

La botavara está sujeta a fuerzas de flexión que provienen de la presión del viento sobre la vela mayor. Estas fuerzas son contrarrestadas por la escota de la mayor y la contra o trapa. Todo ello genera una fuerza horizontal y otra vertical en el pinzote (elemento de unión entre la botavara y el mástil).

La zona del mástil donde el pinzote va unido es particularmente crítica, zona de concentración de esfuerzos. Por una banda, el pinzote se encuentra en el primer panel, donde el mástil sufre de mayor compresión como se ha podido ver después de calcularlo con anterioridad, por lo que la sección del mástil debe ser suficiente para soportar los esfuerzos a los que es sometido por los stays y obenques, pero además por los esfuerzos que le transmite la botavara.

El pinzote debe poder hacer frente a una fuerza vertical y otra horizontal. La vertical la calcularemos con una formula y la horizontal está permitido utilizar la mitad de la fuerza vertical.

- $HA = 5,6 \text{ m}$
- $RM = 37466,4 \text{ Nm}$
- $E = 4,49 \text{ m}$
- $d_1 = 0,73$
- $d_2 = 3,27$

Fuerza vertical:

$$Fv = \frac{0,5 \cdot RM \cdot E}{HA \cdot d_1}$$

$$Fv = \frac{0,5 \cdot 37466,4 \cdot 4,49}{5,6 \cdot 0,73}$$

$$Fv = 20575,36 \text{ N}$$

Fuerza horizontal:

$$Fh = \frac{0,5 \cdot RM \cdot E}{HA \cdot d_2}$$

$$Fh = \frac{0,5 \cdot 37644,4 \cdot 4,49}{5,6 \cdot 3,27}$$

$$F_h = 4593,27 \text{ N}$$

La fórmula para determinar el módulo de la sección será la siguiente:

$$SM = \frac{600 \cdot RM \cdot (E - d_1)}{(\sigma_{0,2} \cdot HA)}$$

$$SM_v = \frac{600 \cdot 37466,4 \cdot (4,49 - 0,73)}{(210 \cdot 5,6)}$$

$$SM_v = 71874,31 \text{ mm}^3$$

$$SM_h = 0,5 \cdot SM_v$$

$$SM_h = 35937,15 \text{ mm}^3$$

## 11.8 Secciones y dimensionamiento de los cables de la jarcia

Los cables de la jarcia de un velero son una parte muy importante para la navegación, ya que en caso de rotura se podría llegar a perder un elemento tan fundamental como caro como es el mástil. Se pueden montar dos tipos de jarcia, el cable tradicional de acero inoxidable o los elementos más modernos como son las varillas o los cabos de PBO o aramida. Para elegir entre estas posibilidades se tendrá en cuenta la carga de rotura, la fatiga, la resistencia a la corrosión y el coste.

La carga de rotura de cada obenque y stay está definida en apartados anteriores.

Los cables y varillas disponen de una sección proporcional a la carga máxima para la que han sido diseñados. Para una misma sección, una varilla ofrece un 20% más de resistencia que un cable. La elongación debido a la tracción al mismo peso la varilla lo hace un 80% que un cable y por la misma longitud la elongación de la varilla es un 60% de lo que lo hace un cable.

Por otro lado, la fatiga es un elemento importante en toda estructura. Si las uniones de stays y obenques permiten la variación del ángulo de estos, el cable sufrirá más que una varilla, debido a que está formado por diversos filamentos que van friccionando entre sí. La varilla es más sensible a daños superficiales que pueden llevar a grietas. La detección del fallo por fatiga suele ser más evidente en cables que en varillas. Los diversos filamentos que conforman el cable van rompiendo haciéndose bastante visual la necesidad de una sustitución de este, mientras que la reproducción de grietas en la varilla es más difícil de detectar.

El coste de ambos elementos es muy diferente. El coste de la varilla se sitúa en torno al 150 o 200 % respecto del coste del cableado para una misma resistencia. Por tanto, el coste para una embarcación de estas dimensiones y su presupuesto es un factor determinante en la elección de uno u otro sistema. Normalmente este tipo de elección queda a cargo del armador y no del astillero.

En el caso particular de estudio se decide montar cableado de acero inoxidable calidad naval 1x19.

En la siguiente tabla podemos observar el diámetro necesario para cada obenque realizados con el material anteriormente seleccionado:

Cable	Diámetro (mm)	Carga de rotura (N)	Peso (kg/m)
D1	9	77400	0,49
D2	6	34400	0,178
D3	5	23900	0,124
V1	7	46800	0,243
V2	5	23900	0,124
Forestay	7	46800	0,243
Backstay	5	23900	0,124

*Tabla 13: Dimensionamiento de los obenques altos y bajos, y de los stays, fuente propia*

### 11.9 Dimensionamiento del mástil

Para escoger el perfil del mástil debemos observar los resultados de la inercia longitudinal y transversal del apartado de cálculo del mástil.

Nuestros resultados son:

Inercia transversal máxima:

$$I_1 = 1644793,115 \text{ mm}^4$$

$$I_1 = 164,4793115 \text{ cm}^4$$


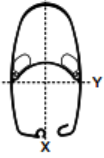
Inercia longitudinal máxima:

$$I_y = 4941505,307 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 494,1505307 \text{ cm}^4$$

Escogeremos el catálogo de secciones de mástiles de la página web del fabricante de jarcia Seldén y compararemos los resultados de los valores obtenidos con los valores necesarios para

cada secció.

	Secció de màstil	Secció dimensions mm	$I_y$ cm <sup>4</sup>	$I_x$ cm <sup>4</sup>	Espesor de pared mm	Peso kg/m	$W_y$ cm <sup>3</sup>	$W_x$ cm <sup>3</sup>	Ranura para vela mm	Ranura para relinga de cabo*	Carro MDS	Patines Ref. n.º
<b>Secciones-C</b> 	C156	156/87	391	144	3,00	3,71	42,8	33,2	10 ± 0,75	5,5 ± 0,75	Ver página 37	511-605 o 511-607
	C175	175/93	558	191	3,24	4,18	53,6	41,0				
	C193	193/102	779	257	3,40	4,74	69,3	50,6				
	C211	211/110	1051	341	3,65	5,34	86,5	62,0				
	C227	227/119	1407	456	3,95	6,15	108,0	76,6				
	C245	245/127	1910	614	4,35	7,15	137,0	96,5				
	C264	264/136	2591	830	4,80	8,40	172,0	122,0				
	C285	285/147	3508	1127	5,20	9,72	214,0	153,3				
	C304	304/157	4686	1524	5,80	11,44	272,0	194,0				
	C321	321/171	5822	2056	5,5/6,4	13,06	324,4	238,7	16 ± 0,75			
	C365	365/194	9160	3161	5,5/6,8	15,50	447,0	326,3				511-603
<b>Secciones-F</b> 	RA	F176	176/93	526	187	2,89	4,20	58,2	40,0	Ver cuadro página 11.**		
		F194	194/101	709	254	3,04	4,79	70,8	49,8			
	RA/RB	F212	212/109	970	337	3,15	5,49	88,2	61,8			
	RA/RB	F228	228/118	1306	453	3,40	6,35	112,0	76,8			
	RB	F246	246/126	1781	613	3,75	7,44	139,0	97,3			
	RB/RC	F265	265/135	2392	828	4,15	8,73	173,0	122,0			
	RB/RC	F286	286/146	3237	1122	4,50	10,10	220,0	154,0			
	RB/RC	F305	305/156	4389	1513	5,05	11,84	276,0	194,0			
	RC/RD	F324	324/169	5576	2056	5,5/7,0	13,80	328,8	243,3			
	RD	F370	370/192	8835	3149	5,8/9,0	16,60	468,0	326,0			
	RD	F406	406/207	14321	4725	6,5/10,0	21,20	671,0	451,0			

\* Si se utiliza una relinga tradicional de cabo, se debe instalar en el canal del mástil un perfil de plástico (Ref. n.º 535-710) y una guía de entrada (505-526-01).

\*\* Para obtener información más detallada de los mástiles enrollables Seldén, consulte las páginas 74-85 o la "Guía del velero" ([www.seldenmast.com](http://www.seldenmast.com)).

*Il·lustració 56: catàlego seccions, fuente: Seldén*

Elegiremos la sección del mástil C175.

#### 11.10 Dimensionamiento de la botavara

Para escoger el perfil de la botavara debemos observar los resultados de la sección del módulo longitudinal y transversal del apartado de cálculo del mástil.

Nuestros resultados son:

Sección del módulo vertical:



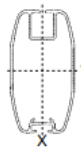
$$SM_v = 71874,31 \text{ mm}^3$$

$$SM_v = 71,87431 \text{ cm}^3$$

Sección del módulo horizontal:

$$SM_h = 35937,15 \text{ mm}^3$$

$$SM_h = 35,93715 \text{ cm}^3$$

	Boom section	Dim., mm height/widht	$I_y$ cm <sup>4</sup>	$I_x$ cm <sup>4</sup>	Wall thickness mm	Weight kg/m	$W_y^{min}$ cm <sup>3</sup>	$W_x^{min}$ cm <sup>3</sup>	Sail groove mm
	B087	87/60	60.2	27.7	2.0	1.70	13.4	9.3	4.5
	B104	104/60	97.5	33.6	2.0	1.90	18.5	11.2	4.5
	B120	120/62	155	42.5	1.8	2.12	24.8	13.7	5.5 ± 0.75
	B135	135/71	265	70	2.0-2.8	2.66	39	19.5	5.8 ± 0.75
	B152	152/82	433	126	2.5-2.9	3.59	54.2	30.4	5.8 ± 0.75
	B171	171/94	726	189	2.3-3.2	4.66	80.6	41.2	5.5 ± 0.75
	B200	200/117	1280	343	3.1	5.88	121.5	61.3	6.25 ± 0.75
	B250	250/140	2706	692	3.2	7.95	200.1	101.3	6.25 ± 0.75
	B290	290/155	5209	1524	4.1	11.50	339	196	10.25 ± 0.75
	B380	380/186	12030	3283	4.5-9.0	17.80	586	353	No groove

*Ilustración 57: catálogos de secciones fuente: seldén*

Elegiremos la sección B171 para nuestra botavara ya que cumple nuestros requisitos calculados.

### 11.11 Dimensionamiento del botalón

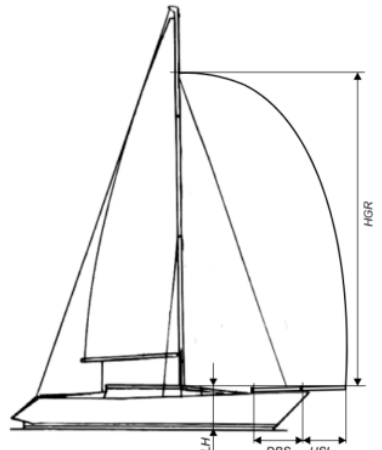
Para el dimensionamiento del tangón, como no hemos encontrado apuntes ni información en libros, nos hemos ayudado de la página web del fabricante seldén dónde introduciendo algunos datos, directamente se calculan los esfuerzos y la inercia que debe soportar y te aconsejan que diseño debes escoger para tu embarcación.

## BOWSPRIT CALCULATOR

*Note: This calculator can not be used for carbon bowsprits.*

### INPUT

RM30:	<input type="text" value="37"/>	kNm
WLH:	<input type="text" value="1450"/>	mm
HGR:	<input type="text" value="13970"/>	mm
USL:	<input type="text" value="1430"/>	mm
DBS:	<input type="text" value="970"/>	mm
<input type="button" value="Calculate"/>		



*Ilustración 58: cálculo del botalón fuente: Seldén*



### OUTPUT

For bracket and section references, please see [here](#).

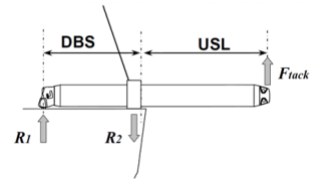
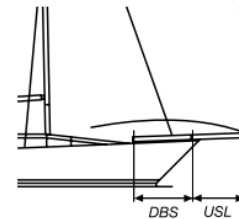
Section:	Ø 120/120	
$F_{TACK}$ :	3.2 kN	
R1:	4.7 kN	
R2:	7.9 kN	

Ilustración 59: esfuerzos del botalón

### Dimensioning for gennaker, Aluminium

RM 30° (kNm)	Approx. displ. (tonnes)	G072		G075		G087		G099	
		Max USL	Min DBS	Max USL	Min DBS	Max USL	Min DBS	Max USL	Min DBS
8	1.7	1500	580						
10	2.1	1500	580						
12	2.4	1500	580						
14	2.8	980	580						
16	3.1	890	580	1580	600				
18	3.4	820	580	1450	600				
20	3.7	760	580	1340	600				
25	4.5	650	580	1140	600	1460	700	1930	800
30	5.2	570	580	1000	600	1280	700	1690	800
35	5.9	510	580	900	600	1150	730	1510	880
40	6.7	460	580	820	610	1040	780	1380	930
45	7.3			750	650	960	830	1270	990
50	8.0			700	700	890	890	1170	1050
55	8.7			650	750	830	960	1100	1120
60	9.3			610	810	780	1030	1030	1200
65	10.0			580	880	740	1130	970	1280
70	10.6					700	1220	920	1380
75	11.3					670	1350	880	1500
80	11.9					640	1490	840	1640
85	12.5					610	1650	800	1780
90	13.1							770	1960
95	13.8							740	1)
100	14.4							720	1)
105	15.6							690	1)
110	16.0							670	1)
115	16.1							650	1)
120	16.7							630	1)
125	17.3							610	1)
130	17.9							600	1)
135	18.5							580	1)
140	19.0							570	1)
145	19.6							550	1)
150	20.2							540	1)
155	21							530	1)

**Bold numbers** mean min DBS is limited by bowing capacity. If a custom bowing is used, the min DBS is 8 x pole diameter.



DBS = Distance between support.  
USL = Unsupported length.



Ilustración 60: catálogo botalón de aluminio fuente: seldén

Elegiremos el Botalón G087 en aluminio.

Para el botalón en fibra de carbono:

### Dimensioning for gennaker, Carbon

RM 30° (kNm)	Approx. displ. (tonnes)	GC075		GC085		GC088		GC100		GC101	
		Max USL	Min DBS	Max USL	Min DBS	Max USL	Min DBS	Max USL	Min DBS	Max USL	Min DBS
8	1.7	1500	610								
10	2.1	1500	610								
12	2.4	1500	610	1500	700						
14	2.8	1490	610	1500	700						
16	3.1	1360	610	1500	700						
18	3.4	1240	610	1500	700	1500	710				
20	3.7	1150	610	1500	700	1500	710				
25	4.5	980	610	1300	700	1470	710	1500	800		
30	5.2	860	610	1140	700	1290	710	1500	800		
35	5.9	770	610	1020	700	1150	730	1500	870		
40	6.7	700	610	930	700	1050	780	1430	970	1500	1010
45	7.3	650	610	860	740	970	840	1320	1030	1500	1170
50	8.0	600	610	800	800	900	900	1220	1090	1470	1310
55	8.7	560	650	740	850	840	970	1140	1170	1380	1410
60	9.3	530	700	700	930	790	1040	1070	1240	1290	1500
65	10.0	500	760	660	1000	740	1130	1010	1340	1220	1610
70	10.6			630	1100	700	1220	960	1440	1160	1740
75	11.3			600	1210	670	1350	910	1550	1100	1880
80	11.9					640	1490	870	1690	1050	2040
85	12.5					610	1650	840	1860	1010	2240
90	13.1							800	2040	970	2470
95	13.8							770	1)	930	1)
100	14.4							740	1)	900	1)
105	15.6							720	1)	870	1)
110	16.0							700	1)	840	1)
115	16.1							670	1)	810	1)
120	16.7							650	1)	790	1)
125	17.3							640	1)	770	1)
130	17.9							620	1)	750	1)
135	18.5							600	1)	730	1)
140	19.0							590	1)	710	1)
145	19.6							570	1)	690	1)
150	20.2							560	1)	670	1)
155	21							550	1)	660	1)
160	22									640	1)
165	24									630	1)
170	25									620	1)
175	26									600	1)

**Bold numbers** mean min DBS is limited by bowing capacity. If a custom bowing is used, the min DBS is 8 x pole diameter.  
 1) No standard bow bracket is available. If a custom bowing is used, the min DBS is 8 x pole diameter.

*Il·lustració 61: catàleg de seccions del botalón fuente: seldén*

El botalón elegido en fibra de carbono será el GC101.

## 12. Dimensionamiento del motor

Aunque es un velero, una parte importante de la embarcación es el motor de combustible fósil para facilitar la salida y la entrada a puerto, acceder y amarrar tu embarcación en el pantalán. También se podrá utilizar en caso de muy poco viento o demasiado viento para la navegación a vela. También se tendrá que utilizar para cargar las baterías en medio del mar si se quiere pasar unos cuantos días sin pisar tierra.

### 12.1 Dimensionamiento del motor térmico

Para dimensionar el motor hay que saber qué velocidad se quiere que alcance el barco. En este caso se propone una velocidad de 7,5 nudos.

A la hora de buscar un motor se escogerá aquél que menor relación tenga entre peso y potencia.

Para determinar la potencia de un motor hay que tener en cuenta que la potencia que suministre el motor no será la misma que suministre la hélice ni esta será la misma que reciba el casco. Debido a pérdidas mecánicas, variaciones de presión y otros factores se aplica un rendimiento al motor. En este caso se asumirá que el casco recibirá el 35% de la potencia que suministre el motor.

Para determinar la potencia del casco volveremos al *maxsurf resistance* de nuestra embarcación veremos las fluctuaciones que realiza calculaba la resistencia al avance a lo largo de las velocidades que vaya la embarcación. Para calcularla será igual al producto entre la velocidad a la que se requiera la potencia y la resistencia al avance en esa velocidad.

$$P(v) = R(v) \cdot v$$

Anteriormente en la *Ilustración 22* se había obtenido los valores de la resistencia al avance para el casco. Se observa que para la velocidad que nosotros queremos de 7,5 nudos la resistencia al avance es de 1130 N. Si se hace el producto entre ellas, utilizando 4,05 m/s que es la conversión de 7,5 nudos, se obtiene que la Potencia del casco será de 4576,5 W, que expresado en caballos es 6,25 CV.

Una vez se conoce la potencia del casco se aplica el rendimiento.

$$\eta_P = \frac{EHP}{BHP}$$

Donde:

- EHP: Es la potencia del casco.
- BHP: es la potencia que el motor entrega al freno y es la que los fabricantes de motores dan en sus especificaciones.

De la ecuación se encuentra el valor de BHP que es de 17,85 CV.

En el mercado encontramos un motor compatible con lo deseado.

El motor Volvo Penta de 18,8 HP.

- 3200 rpm
- 3 cilindros
- Cilindrada de 0,8 litros.
- Una relación potencia / peso de 0,142.
- Diésel

El peso es de 132 Kg sin *saildrive* y 144 Kg con todo incluido, *saildrive* i inversor.

Una vez escogido el motor es necesario hacer un dimensionamiento de su tanque de combustible. Para eso es necesario saber el consumo del motor. El fabricante dice que a máximas revoluciones el consumo será de 4,5 l/h. A máximas revoluciones el motor dará la máxima potencia, por lo tanto, la velocidad de 7,5 nudos e incluso más ya que tiene un caballo más de potencia de lo calculado.

Para dimensionar el tanque hay que fijar una autonomía. La autonomía seleccionada es de 150 millas náuticas.

$$150 \text{ millas náuticas} \cdot \frac{1 \text{ hora}}{7,5 \text{ millas náuticas}} \cdot \frac{4,5 \text{ litros}}{1 \text{ hora}} = 90 \text{ litros}$$

Si el consumo es de 4,5 L/h supondrá un consumo total de 90 Litros.

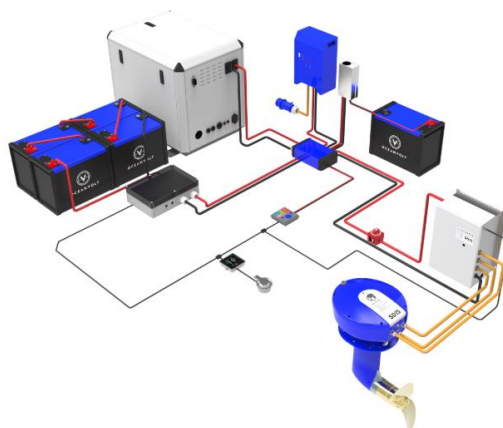
Debido a los productos del mercado, el depósito que más se le ajusta es de 108 litros de plástico. Por lo tanto, su autonomía final será de 180 millas náuticas. El depósito de combustible se situará debajo de la bañera a popa del motor.

Hay que tener en cuenta que esta autonomía es la mínima que tendrá la embarcación debido a que está calculada para la máxima potencia del motor.

## 12.2 Dimensionamiento motor eléctrico

Nuestra embarcación también dispondrá de una opción de motor eléctrico. Con esta opción se podrá llevar el barco sin que genere ninguna emisión contaminante. Con los datos obtenidos anteriormente y con ejemplos encontrados nos decidimos por un motor eléctrico, respetando los cálculos anteriores de la potencia de la embarcación.

Nuestro motor seleccionado es un motor eléctrico del fabricante OceanVolt, será un sistema de motor eléctrico con *saildrive*. Tendremos que poner una batería de 7kWh, reemplazando el lugar depósito de combustible por la batería. También habrá que poner un inversor, etc.



*Ilustración 62: sistema del motor eléctrico fuente: OceanVolt*

Las especificaciones del motor según el fabricante son:

- Motor eléctrico síncrono de imán permanente.
- SailDrive con una reducción de 1.93:1.
- Reducción importante de peso del motor, el motor y el sail drive juntos pesan 42,5 kg.
- La única propulsión eléctrica intraborda con el certificado EMC con un circuito cerrado de líquido que actúa a la vez como lubricante y refrigerante al mismo tiempo.

Funciona como un hidro generador para generar electricidad cuando la embarcación se encuentra navegando a vela.

Motor	SD6	SD8	SD10	SD15
Nominal Power	6kW	8kW	10kW	15kW
RPM	2200	2200	2200	2200
Reduction Ratio	1.93:1	1.93:1	1.93:1	1.93:1
Motor weight	42.5kg	42.5kg	46.5kg	46.5kg
Voltage	48V	48V	48V	48V

*Ilustración 63: catálogo de motores fuente: OceanVolt*

En nuestro caso seleccionaremos el motor SD8 ya que necesitamos en las especificaciones nos dice que es para barcos de 5000 kg de desplazamiento, como el nuestro es de 4618 kg elegiremos ese motor.

La batería que reemplazará el depósito de combustible será una batería de la misma marca OceanVolt de Litio de 7kWh.

Length	Weight	Motor system	Batteries	System price
20' / 6 m	2000 lbs / 900 kg	AX3	3,5kWh	14 423€
25' / 8 m	4500 lbs / 2 000 kg	AX5	7,6kWh	17 576€
25' / 8 m	4500 lbs / 2 000 kg	SD6	7kWh	23 630€
30' / 9 m	11 000 lbs / 5 000 kg	SD8	7kWh	25 976€
35' / 11 m	15 500 lbs / 7 000 kg	SD10	10,5kWh	31 148€
40' / 12 m	18 000 lbs / 8 200 kg	SD15	14kWh	35 292€
45' / 14 m	20 000 lbs / 9 000 kg	AXC20	30,4kWh	55 178€

*Il·lustració 64: catàleg de preçios fuente: OceanVolt*

El sistema seleccionat té un preçio total de 25976€ és un preçio elevat, en el apartat de valoració econòmica lo valorarem en més profunditat.

## 13. Dimensionamiento de las baterías

Una embarcación es un vehículo aislado por sus condiciones de navegación, por eso deberemos hacerlo independiente eléctricamente. Deberemos ponerle unas baterías lo suficientemente grandes para que pueda dar servicio eléctrico sin necesidad de toma a tierra o manteniendo el motor encendido. En el caso de nuestra embarcación diseñada se la va a incorporar de dos baterías de capacidad suficiente para la alimentación de los diversos sistemas a bordo en las tres condiciones ambientales: navegación, fondeo y emergencia.

El tipo de embarcación y el propósito del armador hace necesario incorporar una fuente de generación alterna al sistema propulsivo, es decir, un generador eléctrico. En este caso el propio motor térmico se encargará de generar electricidad para cuando las baterías se encuentren en un nivel bajo de carga. En condiciones de navegación de altura la embarcación podrá generar electricidad y poder utilizarla sin tener que llevar el motor encendido cuando se quiera utilizar.

Todos los sistemas son alimentados a 12 v.

A continuación, montaremos los equipos a bordo siguientes:

- Luces navegación
- Luz fondeo
- Bomba de sentina
- GPS
- Sonda
- VHF
- Radio-cd
- Bomba presión
- Nevera
- Luces de cabina
- Equipo de viento
- Equipo de regatas
- Display de navegación

Para el dimensionado del banco de baterías se procede primero a la definición de los equipos a instalar a bordo. Una vez se tienen todos ellos listados, y sabidos sus consumos, se procede a disponer una serie de factores que afectan al número de horas en funcionamiento de estos para un periodo de 8 horas de autonomía.

Estos factores son:

$k_n$  es el número de elementos funcionando respecto del número instalado.

$k_{sr}$  factor de servicio. Tiene en cuenta el tiempo de utilización y el régimen al que se utiliza.

$k_u$  es factor de utilización. Este factor va en función de las veces que se usa que el equipo. Es un producto de  $k_n$  y  $k_{sr}$ .

Para trabajar las baterías definiremos la potencia de consumo de cada elemento eléctrico, los factores de reducción y el periodo de recarga durante el cual las baterías no son recargadas, se procede al cálculo total de potencia demandada.

Equipo	Cantidad	Potencia unidad(W)	Potencia total (W)
Luces de navegación	1	6,8	6,8
Luces de fondeo	1	5,3	5,3
Luces de cabina	4	3	12
VHF	1	30	30
GPS	1	50	50
Radio-cd	1	208	208
Bomba de presión	1	60	60
Sonda	1	300	300
Bomba de sentina	1	25	25
Nevera	1	10,5	10,5
Display de navegación	1	57,2	57,2
Equipo de viento	4	1,8	7,2
Equipo de regata	1	1,2	1,2
Corredera y compás	1	1,2	1,2

*Tabla 14: equipos eléctricos a bordo, fuente propia*

En base al valor obtenido en los tres casos de estudio, el banco de baterías se dimensiona para satisfacer las necesidades de mayor input obtenidas.

### Navegando

Equipo	Cantidad	P. unidad (W)	P.total (W)	kn	ksr	ku	Tiempo (h)	P. usada (Wh)
Luces de navegación	1	6,8	6,8	1	1	1	1	6,8
Luces de fondeo	1	5,3	5,3	0	0	0	1	0
Luces de cabina	10	3	30	0,2	0,2	0,04	1	1,2
VHF	1	30	30	1	1	1	1	30
GPS	1	50	50	1	1	1	1	50
Radio-cd	1	208	208	1	1	1	1	208
Bomba de presión	1	60	60	1	0,2	0,2	1	12
Sonda	1	300	300	1	1	1	1	300
Bomba de sentina	1	25,2	25,2	1	0,2	0,2	1	5,04
Nevera	1	10,5	10,5	1	1	1	1	10,5
Display de navegación	1	57,2	57,2	1	1	1	1	57,2
Equipo de viento	1	15	15	1	1	1	1	15
Equipo de regata	1	1,2	1,2	1	1	1	1	1,2
Corredera y compás	1	1,2	1,2	1	1	1	1	1,2

<b>Consumo Total</b>	<b>698,14</b>
----------------------	---------------

*Tabla 15: balance eléctrico navegando, fuente propia*

La potencia total consumida en condición de navegación es de 698,14 W en 1 hora.



### Fondeo

Equipo	Cantidad	P. unidad (W)	P. total (W)	kn	ksr	ku	Tiempo (h)	P. usada (Wh)
Luces de navegación	1	6,8	6,8	0	0	0	8	0
Luces de fondeo	1	5,3	5,3	1	1	1	8	42,4
Luces de cabina	10	3	30	0,5	0,5	0,25	8	60
VHF	1	30	30	1	1	1	8	240
GPS	1	50	50	1	1	1	8	400
Radio-cd	1	208	208	1	0,5	0,5	8	832
Bomba de presión	1	60	60	1	0,2	0,2	8	96
Sonda	1	300	300	1	0,5	0,5	8	1200
Bomba de sentina	1	25,2	25,2	1	0,2	0,2	8	40,32
Nevera	1	10,5	10,5	1	1	1	8	84
Display de navegación	1	57,2	57,2	0	0	0	8	0
Equipo de viento	1	15	15	0,5	1	0,5	8	60
Equipo de regata	1	1,2	1,2	0,5	0,5	0,25	8	2,4
Corredera y compás	1	1,2	1,2	1	0,5	0,5	8	4,8
<b>Consumo Total</b>								<b>3061,92</b>

Tabla 16: Balance eléctrico fondeado, fuente propia

La potencia total consumida en condición de fondeo es de 3061,92 W en 8 horas.

### Emergencia

Equipo	Cantidad	P. unidad (W)	P. total (W)	kn	ksr	ku	Tiempo (h)	P. usada (Wh)
Luces de navegación	1	6,8	6,8	0	0	0	8	0
Luces de fondeo	1	5,3	5,3	1	1	1	8	42,4
Luces de cabina	10	3	30	0	0	0	8	0
VHF	1	30	30	1	1	1	8	240
GPS	1	51,6	51,6	1	1	1	8	412,8
Radio-cd	1	208	208	0	0	0	8	0
Bomba de presión	1	60	60	0	0	0	8	0
Sonda	1	300	300	1	1	1	8	2400
Bomba de sentina	1	25,2	25,2	1	1	1	8	201,6
Nevera	1	10,5	10,5	0	0	0	8	0
Display de navegación	1	57,2	57,2	1	1	1	8	457,6
Equipo de viento	1	15	15	0	0	0	8	0
Equipo de regata	1	1,2	1,2	0	0	0	8	0
Corredera y compás	1	1,2	1,2	0	0	0	8	0
<b>Consumo Total</b>								<b>3754,4</b>

<b>Ah</b>	<b>312,87</b>
-----------	---------------

Tabla 17: balance eléctrico en emergencia, fuente propia

La potencia total consumida en condición de emergencia es de 3754,5 W en 8 horas.

La batería será dimensionada para poder suministrar esta demanda de energía.

En la situación de navegación en la que la capacidad de la batería debería ser mayor es en la de emergencia. La demanda total asciende a 3754,4 W durante 8 horas en las que las baterías no van a ser recargadas por el motor. El banco de baterías dispuesto deberá ser capaz de aguantar dicho consumo manteniendo todos los sistemas en funcionamiento para facilitar las tareas de búsqueda por parte de las unidades de salvamento marítimo en caso de emergencia.

Teniendo en cuenta que el voltaje de la batería será de 12V el dimensionamiento vendrá dado por la siguiente fórmula:

$$P \cdot t = V \cdot I \cdot t$$

$$3754,5 = 12 \cdot I \cdot t$$

$$C = I \cdot t$$

$$C = 312,875 \text{ Ah}$$

El amperaje solicitado para cubrir dicha potencia es de 312,875 Ah. Las baterías dejan de entregar la potencia solicitada cuando se encuentran por debajo del 20% de carga, por lo que debe sobredimensionarse en un 20% adicional el banco.

El amperaje total será de 375,45 Ah.

Se montarán 2 baterías de 200 Ah cada una para alimentar todos los sistemas.



#### Baterías AGM de ciclo profundo. Herméticas. Sin mantenimiento.

##### CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS

- Construcción Hermética: Totalmente sin mantenimiento. Mercancía no peligrosa, permitido en transporte aéreo y marítimo (IATA, DOT, ICAO, IMDG).
- Materia activa de alta densidad: Mayor capacidad y ciclos de vida útil.
- Placas gruesas: Heavy Duty: Construcción específica para ciclos profundos.
- Aleación rejilla: Pb-Ca-Sn, mayor resistencia a la corrosión y mejor recuperación en descargas profundas.
- Separador de fibra de vidrio altamente poroso: Mayor retención de electrolito, maximiza la capacidad.
- Recipiente ABS: Alta resistencia a golpes y vibraciones.
- Baja resistencia interna: Recarga más rápida que las baterías húmedas convencionales.
- Baja autodescarga: Mayor vida en stock que las baterías húmedas convencionales.



##### APLICACIONES

- Náutica.
- Maquinas de limpieza.
- Vehículos de recreo: caravanas, campers, etc.
- Sillas de ruedas.
- Energías Renovables.
- Plataformas elevadoras.
- Carros de golf.
- Etc.

TIPO	CAPACIDAD AH			MIN CAPACIDAD		CCA -18°C (SAE)	MEDIDAS MAX. (MM)			PESO KG	TIPO TERMINAL
	5H	20H	100H	25A	75A		L	A	H		
DC200-6B	180	200	220	400	100	-	244	190	275	30,50	AP
DC220-6	180	220	242	425	112	-	306	174	226	32,70	M8
DC224-6A	179	224	246	441	113	-	260	180	251	29,80	M8
DC245-6	198	245	248	457	120	-	244	190	275	32,30	AP
DC250-6	204	250	275	531	135	-	262	181	272	34,50	M8
DC335-6	274	335	369	751	184	-	295	178	366	47,80	DT

*Ilustración 65: catálogo de baterías AMG fuente: internet*

Según el catálogo se escogerá una batería de la marca *Fullriver* de 200 Ah de capacidad DC200-6B de AGM.

## 14. Sistemas de la embarcación

### 14.1 Sistema de achique

La orden FOM/1076/2006, de 29 de marzo, del ministerio de Fomento, interfiere en los equipos que deben llevar a bordo las embarcaciones en disposición a navegar de recreo de pabellón español.

La normativa encontrada en esta orden exige una bomba de achique capaz de bombear 15 litros/min para una embarcación de una eslora comprendida entre los 6 y 12 metros. A posteriori, según la zona de matriculación de la embarcación (a determinar por situación del armador) existe la necesidad de instalar una bomba de achique manual capaz de alcanzar las 45 emboladas por minuto.

El sistema de achique instalado a bordo por tanto será una bomba eléctrica con las capacidades descritas anteriormente dispuesta en el lugar más bajo de la embarcación, en sentinas. Ahí se encuentran todos los refuerzos de la embarcación que se perforarán de manera que el agua que discurre por el espacio de sentina podrá ser extraída por la bomba.

La bomba irá dotada de un sensor de nivel que actúe directamente sobre la bomba al alcanzar un nivel determinado en sentina.



### 14.2 Sistema de agua dulce

En este proyecto se diseñarán para la embarcación dos tanques de agua dulce. Uno estará situado debajo de cada uno de los sofás de babor y el otro a estribor.

Cada uno de los tanques de agua tiene una capacidad de 65 litros. El sistema de agua dulce tiene los siguientes elementos:

- Tubos para llevar el agua desde el tanque a sus consumidores: el fregadero, la ducha interior del baño y una salida a la bañera exterior, así como a sus respectivos grifos.
- Una válvula de cierre para en caso de avería poder aislar el tanque.
- Una toma de carga de agua en cubierta en el lado de estribor.
- Bomba de presión para poder llevar agua a la presión deseado por todas las salidas y también para poder cambiar el agua almacenada de tanque a tanque para que en caso de regata larga tengas un tanque de lastre para crear más momento adrizante.

El agua es transportada desde los depósitos de agua dulce situados bajo los sofás de babor y estribor hasta los puntos de distribución que son el fregadero de la cocina, al grifo de baño situado al exterior y la pica del baño, dotada de un monomando extensible que hace las veces de ducha.

La descarga de ambos sistemas se realiza directamente a sentinas, donde la bomba de achique se encargará de realizar la descarga al mar.

Para la alimentación del tanque de agua dulce se dispone una toma en cubierta en el lado de estribor mencionado anteriormente. También se hace necesario instalar un venteo para que el tanque pueda ser llenado y vaciado sin problemas de sobrepresión o vacío debidos al aire atrapado en el interior.

### 14.3 Sistema de combustible

El sistema de combustible sirve para almacenar y suministrar combustible al motor principal del velero.

En este barco, debido a su eslora de 10,47 metros, solo dispone de un tanque de combustible. Al ser una embarcación de pequeña eslora y además un velero, incorporaremos un circuito de combustible de diésel así que como consecuencia el motor tendrá que ser de diésel. Este ya cuenta con todo lo necesario para adaptar la entrada de combustible y refinado. El tanque de combustible será estructural como ya se vio en apartados anteriores y estará delante del motor, separado por un mamparo estanco.

El tanque se situará con la misma longitud de cada lado al plano de crujía para obtener la máxima estabilidad de la embarcación y estará compartimentado en celdas para que el movimiento del líquido no afecte a la estabilidad de la embarcación.

Para proceder a encontrar la capacidad necesaria se utilizará el programa Maxsurf Stability determinará el volumen de combustible que cabe en dicho tanque. En el apartado anterior del dimensionamiento de la capacidad de combustible nos ha salido 108 litros.

### 14.4 Sistema eléctrico

En el apartado anterior se realizó el balance eléctrico y se determinó la capacidad de las baterías necesaria para dotar de autonomía suficiente a la embarcación, así que vamos a describir este sistema:

La instalación eléctrica a bordo es exclusivamente de 12 voltios, ramificada desde el desconector de baterías en dos ramales: uno para la alimentación del motor de arranque y otro para la alimentación de los diversos equipos instalados.

Los equipos instalados están accionados desde un cuadro eléctrico de sistemas situado junto a la mesa de cartas en la parte superior, de forma que éste es alimentado por una línea desde baterías, y de él salen los diversos ramales necesarios.

Los sistemas para alimentar son los siguientes:

- Luces de navegación
- Luces de fondeo
- Iluminación cabina
- Bomba de presión agua dulce
- Bomba de achique
- Nevera

- Electrónica de navegación (VHF, GPS, sonda y radio-cd, display de navegación)

#### 14.5 Sistema de aguas negras

Para el sistema de aguas negras se seguirá la orden FOM 1076/2006 en la cual indica el volumen mínimo del depósito de aguas negras que se ha de tener a bordo y de cuando se puede o no evacuar las aguas negras desmenuzadas y tratadas al mar.

La orden indica que; “Toda embarcación de recreo dotada de aseos deberá estar provista, sin perjuicio de los requisitos exigidos para las embarcaciones con el marcado CE, de depósitos de retención o instalaciones que puedan contener depósitos, destinados a retener las aguas sucias generadas durante la permanencia de la embarcación en zonas con limitaciones de vertidos de este tipo; y con capacidad suficiente para el número de personas a bordo. Los aseos con sistema de tanque de almacenamiento transportable son aceptables si dichos tanques cumplen con lo dispuesto en ISO 8099. Los depósitos fijos o instalaciones:

- Estarán conectados con las descargas de los aseos instalados en la embarcación, con conexiones lo más cortas y directas que sea posible, y serán instalados en lugares accesibles. En las embarcaciones ya matriculadas con más de un aseo, que tengan dificultades por motivos de espacio para la conexión de todos los aseos, al menos uno de los aseos estará conectado con los depósitos fijos o instalaciones.
- Dispondrán de medios de ventilación adecuados. Dispondrán de medios para indicar que el contenido en aguas sucias almacenado supere los 3/4 de capacidad del depósito o instalación.
- Su capacidad será suficiente para retener las aguas sucias generadas por el máximo número de personas autorizadas para la embarcación, durante al menos dos días a razón de 4 litros por persona y día. La embarcación que disponga de depósitos instalados de forma permanente estará provista de una conexión universal a tierra, que permita acoplar el conducto de las instalaciones de recepción con el conducto de descarga de la embarcación.

Además, los conductos destinados al vertido de residuos orgánicos humanos que atraviesen el casco dispondrán de válvulas que puedan cerrarse herméticamente, para prevenir su apertura inadvertida o intencionada, tales como precintos o dispositivos mecánicos.

El cumplimiento de la norma ISO 8099 da presunción de conformidad con los requisitos exigidos a los sistemas de retención de instalaciones sanitarias.”

Siguiendo todo lo que dice la normativa anterior se incorporará a la embarcación de un sistema de retención de aguas negras formado por una bomba manual conectada al inodoro que vierte directamente al depósito de aguas negras de 60 litros dispuesto en la banda de estribor (cofre de estiba). Dicho depósito tendrá una descarga por la borda mediante una válvula, que podrá ser accionada a partir de 12 millas náuticas de la costa.

## 15. Cálculo de pesos y centro de gravedad

En este apartado se intentará adaptar todos los datos obtenidos en anteriores apartados para que se pueda calcular la estabilidad de la embarcación intentado tener la máxima precisión en el cálculo de pesos.

El cálculo será una aproximación/estimación a la realidad. Se considerarán las cargas de mayor importancia con sus respectivos centros de gravedad y se obtendrá el del conjunto. Se pueden producir variaciones respecto a la realidad debido a múltiples defectos en el proceso de construcción, por ejemplo: diferencias de espesores en el laminado, deformaciones superficiales, errores en la fundición de la orza, y el conjunto de desviaciones produce dicha diferencia, que por otra banda no debe ser mayor que el margen permitido o considerado aceptable.

El peso o desplazamiento de un barco se descompone en dos: peso en rosca y peso muerto.

Siendo el peso en rosca la suma de todos los pesos de la embarcación cuando este se encuentra listo para navegar es el peso del buque tal como lo entrega el astillero; esto es, sin combustible, sin agua dulce, pertrechos, víveres ni tripulantes.

El peso muerto medida para determinar la capacidad de carga sin riesgo de una embarcación.

La posición del centro de gravedad se descompone en tres componentes según el eje de referencia adoptado, una componente longitudinal (dirección de la eslora) la llamaremos XG, una componente transversal (en el sentido de la manga) la llamaremos LCG y otra componente vertical que viaja perpendicularmente a estos dos, la llamaremos KG.

El centro de coordenadas estará situado en la intersección de la línea del centro de la embarcación. Para el cálculo de la posición del centro de gravedad se seguirá el siguiente criterio de signos:

- Desde el centro hacia la perpendicular de proa se tomarán valores positivos y desde el centro hacia la perpendicular de popa negativos.
- Desde la línea de crujía hacia babor se toman valores negativos y hacia estribor positivos.
- Desde la línea base hacia arriba se toman valores positivos y hacia abajo negativos.

Para el cálculo del peso en rosca se procederá al cálculo de:

- Peso del laminado
- Peso de la acomodación
- Peso de motor y equipos
- Peso de aparejos.
- Peso de los apéndices, orza y palas del timón.
- Peso del ancla

Para la determinación de los centros de gravedad de los conjuntos se usará el modelo 3D desarrollado en el programa Rhinoceros.

PESO Y CDG EN ROSCA						
Elemento	Cantidad	Peso (kg)	Peso total (kg)	KG (kgm)	XG (kgm)	LCG (kgm)
Casco	1	261,261	261,261	41,8018	-135,8557	0
Costados	1	263,3077	263,3077	236,9769	-14,7452	0
Cubierta interior	1	60	60	21,6	-36	0
Cubierta	1	281,774	281,774	338,1288	-278,9563	0
Superestructura	1	167,4772	167,4772	301,45896	251,2158	0
Mástil	1	150	150	750	127,5	0
Botavara	1	30	30	60	-75	0
Aparejos	1	50	50	90	-50	0
Acomodación	1	500	500	500	-125	0
Baterías	2	30,5	61	30,5	-140,3	-122
Motor	1	144	144	0	-288	0
Equipos	1	20	50	75	-75	
Orza	1	1618	1618	-2427	-809	0
Pala timón	2	15	30	0	-144	0
Ancla	1	30	30	36,6	150	
Baterías	2	30,5	61	30,5	-140,3	-122
Total	1	3621,3199	3696,8199	55,0665	-1643,1414	-122

KGf (m)	0,0149		
XGf (m)		-0,4445	
LCGf (m)			-0,0330

*Tabla 18: Peso y CDG en rosca*

En la condición del peso en rosca el peso total de la embarcación será de 3696,82 Kg. Con esta condición calculada se procederá a calcular y verificar la normativa de la estabilidad.

El valor obtenido está en los estándares correctos para una embarcación de estas características.

Cuando se procede al cálculo para la condición de plena carga se tendrán en cuenta además la máxima tripulación permitida a bordo, pertrechos debidamente estibados, depósitos de agua dulce, aguas negras y combustible llenos.

DESPLAZAMIENTO							
	Elemento	Cantidad	Peso (kg)	Peso total (kg)	KG (kgm)	XG (kgm)	LCG (kgm)
Peso en rosca	Casco	1	261,261	261,261	0	0	0
	Costados	1	263,3077	263,3077	0	0	0
	Cubierta interior	1	60	60	6	0	0
	Cubierta	1	281,774	281,774	338,1288	281,774	0
	Superestructura	1	83,7386	83,7386	150,72948	125,6079	0
	Botavara	1	30	30	60	-75	0
	Mástil	1	150	150	1050	150	0
	Aparejos	1	50	50	61	-50	0
	Acomodación	1	500	500	0	-500	0
	Motor	1	144	144	0	-360	0
	Equipos	1	50	50	0	-75	0
	Orza	1	1608,18	1608,18	-2814,315	836,2536	0
	Pala timón	2	15	30	0	-144	0
	Ancla	1	30	30	36,6	150	0
	Baterías	2	30,5	61	36,6	-183	-122
Peso muerto	Tripulación	8	75	600	0	0	0
	Pertrechos	8	15	120	0	0	0
	Agua dulce	2	65	130	0	-32,5	0
	Combustible	1	100	100	0	-300	0
	Aguas negras	1	60	60	12	-204	120
	Total	1	3872,7613	4613,2613	-1063,2567	-379,8645	-2
					KGf (m)	-0,2305	
					XGf (m)	-0,0823	
					LCGf (m)		-0,0004

*Tabla 19: Desplazamiento*

El desplazamiento el resultado ha sido de 4613,26 Kg, un resultado muy cercano al estimado obtenido en las regresiones realizadas en el apartado de dimensionamiento.

Este valor es cercano a la media de embarcaciones de esloras similares. Es un poco más ligero que el resto ya que hemos realizado una laminación en sándwich e infusión reduciendo así una gran cantidad de peso. Las baterías AMG, como hemos comentado anteriormente, serán de las más ligeras del mercado respecto su capacidad.



## 16. Estabilidad

Se define estabilidad como la capacidad que posee un objeto para recobrar su posición original de equilibrio después de que se le aplique una fuerza externa.

Hay infinidad de parámetros que proporcionan o ayudan a tener una buena estabilidad en una embarcación: integridad estanca, correcta organización de pesos, francobordo requerido, altura metacéntrica, formas del casco, rápido desalojo de agua embarcada en cubierta, aptitudes de la tripulación, etc.

La norma ISO 12217 en su parte correspondiente a "Fuerzas de maniobra requisitos y clasificación" sugiere un método aproximado para el cálculo de la curva de brazos adrizantes basado en unos parámetros de la embarcación.

El índice de estabilidad (STIX) permite obtener una evaluación conjunta de las propiedades de estabilidad de las embarcaciones a vela monocasco. El índice consiste en un factor de eslora que se puede modificar por siete factores que se refieren a diferentes aspectos de las propiedades de estabilidad y flotabilidad.

En este apartado se estudiará si la embarcación cumple con los requisitos que establece la norma ISO 12217-2 correspondiente a "Pequeñas embarcaciones. Evaluación y clasificación de la estabilidad y la flotabilidad". Parte 2: Embarcaciones propulsadas a vela de eslora igual o superior a 6 m.

Para un velero de categoría de diseño B se exige que cumpla estos requisitos:

- Aberturas de inundación
- Altura de inundación
- Ángulo de inundación
- Dimensiones de los nichos
- Energía mínima de adrizamiento
- Ángulo de estabilidad nula
- Índice de estabilidad
- Detección y achique del agua.

Para ello primero se deberá estudiar las distintas condiciones de carga.

Como que la embarcación tendrá una categoría de diseño B y tiene una eslora de 10,47 m, podemos determinar que la altura de inundación será 0,6 m.

Para ver si las alturas de los espacios abiertos son superiores se observará qué punto es el primero en inundarse, para eso evaluamos los ángulos de escora necesarios para que haya inundación:

Large Angle Stability - Peso muerto - Intact				
	Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle
1	Margin Line (immersion pos = -1,56 m)		47,6	n/a
2	Deck Edge (immersion pos = -1,349 m)		50,7	n/a
3	Tambucho	Downflooding	Not immersed in positive	0
4	Escotilla proa	Downflooding	72,4	165,2
5	Escotilla superior	Downflooding	115,9	0

Ilustración 66: resultados del ángulo de inmersión, fuente propia

Se observa que el primer punto de inundación sería el de la propia cubierta ya que el ángulo es el menor de todos, por eso la altura de inundación será igual al francobordo de la embarcación.

Como que el francobordo es de 1,22m, es mayor que la altura de inundación requerida cumple con la normativa.

### 16.1 Ángulo de inundación

La normativa ISO 12217 determina que para las categorías de diseño A y B el ángulo de inundación deberá ser mayor de 40°.

Observando la *ilustración 61* se ve que el ángulo más pequeño de inundación es el que hace referencia a la escotilla de proa. No se toma la cubierta debido a que es una bañera auto vaciante, mientras que la entrada de agua en la escotilla de proa causaría inundación.

### 16.2 Energía mínima de adrizamiento y ángulo de estabilidad nula

Según la norma la energía mínima de adrizamiento depende de la categoría de diseño y se extrae el valor de la siguiente tabla de la normativa:

$\phi_v$  es el ángulo de estabilidad nula que se saca de la curva de brazos adrizantes:

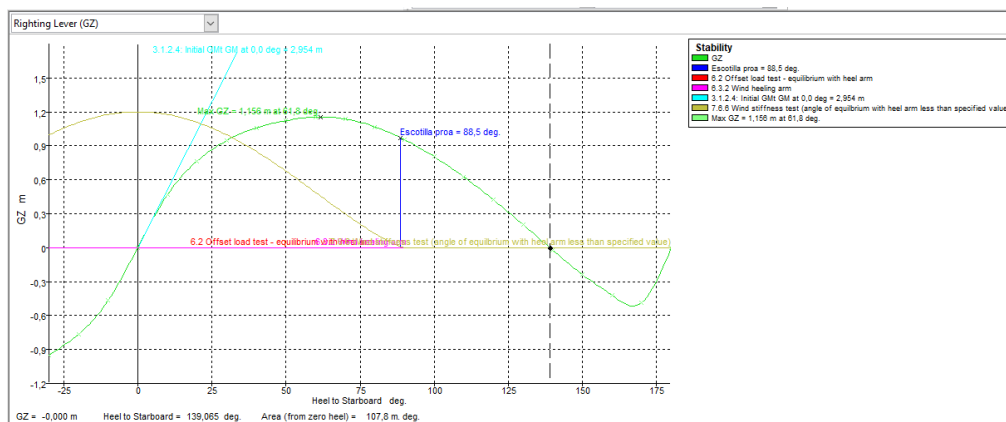
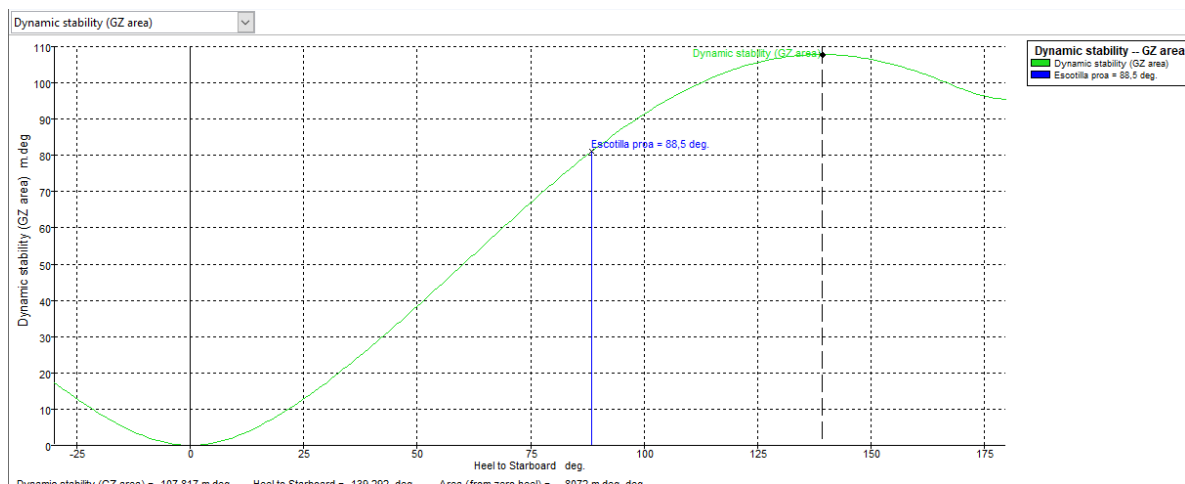


Ilustración 67: resultado de los brazos adrizantes, fuente propia

En la gráfica extraída de Maxsurf se observa que el ángulo para la estabilidad nula es de 139,065°.

Para calcular la energía se observa la gráfica de brazos dinámicos:



*Ilustración 68: estabilidad dinámica, fuente propia*

Se observa que el valor hasta el ángulo de estabilidad nula es de 107,817 m-deg.

Se hace el producto con la condición mínima operativa y da un valor de 497916,15 Kg·m-deg cumpliendo con la normativa vigente.

### 16.3 Cálculo del valor STIX

El STIX es un índice de estabilidad que permite obtener una evaluación de la capacidad de un monocasco para resistir y recuperarse después de un hundimiento o vuelco.

Se exige un valor del STIX para cada categoría de diseño y popularmente se dice que el valor mínimo del STIX que tiene que tener un barco es igual a la eslora en pies de la embarcación. Un dato meramente orientativo.

Para una categoría de diseño B, la norma requiere que el STIX sea superior a 23.

El cálculo del STIX es bastante largo ya que depende de muchos factores definidos en la propia ISO 12217. Por suerte, el programa Maxsurf Stability en el apartado de “criteria” tiene un apartado para calcular ciertos puntos de la norma ISO 12217 y entre ellos se encuentra el STIX.

Así que optaremos para introducir los datos en el programa Maxsurf y con él, encontraremos nuestro resultado.

85	ISO 12217-2:2002(E)	6.4 STIX			Pass	
86		delta	0	See ISO 122		
87		AS, sail area ISO 8666	72,000	m²		
88		height of centroid of AS	9,180	m		
89		LH, Stability calculated	10,482	m		
90		BH, Stability calculated	3,405	m		
91		LWL, Stability calculated	10,462	m		
92		BWL, Stability calculated	2,896	m		
93		height of immersed profile area centroid, Stab	0,216	m		
94		STIX value shall be greater than (>)	32,0	See ISO 122	32,8	Pass +2,36
95		Intermediate values				
96		m, mass of boat in current loading condition		kg	4678,6	
97		height of waterline in current loading conditio		m	0,369	
98		phiD, actual downflooding angle		deg	72,0	
99		PhiV, actual angle of vanishing stability		deg	140,7	
100		AGZ, area under righting lever curve, from 0,		m.deg	58,4061	
101		GZ90, righting lever at 90 deg		m	0,908	
102		GZD, righting lever at downflooding angle		m	1,073	
103		FR		See ISO 122	3,349	
104		LBS, weighted average length		See ISO 122	10,469	
105		FL, length factor		See ISO 122	0,990	
106		FB, beam factor		See ISO 122	2,162	
107		VAW, steady apparent wind speed		m/s	21,550	
108		FDS, dynamic stability factor	(1,141)	See ISO 122	1,141	
109		FR, inversion recovery factor	(1,153)	See ISO 122	1,153	
110		FKR, knockdown recovery factor	(1,154)	See ISO 122	1,154	
111		FDL, displacement-length factor	(0,918)	See ISO 122	0,918	

### Ilustración 69: resultados STIX, fuente propia

El resultado del STIX es de 32,8 superior a los 23 y además supera los 32 acordados para la categoría de diseño A exigentes en la normativa por eso cumple perfectamente este punto de la normativa vigente.

Todos los demás puntos que pide la norma o bien no aplican o bien son pruebas que se hacen una vez el barco ya ha sido construido por lo tanto la embarcación cumple con los criterios de estabilidad dictados por la norma ISO 12217-2.

Los resultados de la estabilidad mencionados en la norma ISO 12217-2 son los siguientes:

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	14,7076	Pass	+366,71
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	24,0244	Pass	+365,90
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	9,3168	Pass	+442,02
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	1,116	Pass	+458,00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	60,0	Pass	+140,00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,150	m	2,600	Pass	+1633,33
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.3 Downflooding angle	40,0	deg	72,0	Pass	+79,92
ISO 12217-2:2002(E)	6.3 Angle of vanishing stability	130,0	deg	140,7	Pass	+8,27
ISO 12217-2:2002(E)	6.4 STIX	32,0	See ISO 12217-2	32,8	Pass	+2,36
12217-3: Sailing boats	7.5 Knockdown-recovery test (angle of vanishing stability in flooded condition)	90,0	deg	140,7	Pass	+56,39

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
12217-3: Sailing boats	7.6.6 Wind stiffness test (angle of equilibrium with heel arm less than specified value)	45,0	deg	34,8	Pass	+22,72
ISO 12217-1:2002(E)	6.2 Offset load test - equilibrium with heel arm	10,0	deg	0,7	Pass	+92,68
ISO 12217-1:2002(E)	6.3.3 Resistance to waves (Value of GZ)	0,200	m	0,876	Pass	+338,00
ISO 12217-1:2002(E)	6.3.3 Resistance to waves (Value of RM)	25000,000	N.m	40179,342	Pass	+60,72
ISO 12217-1:2002(E)	6.4 Heel due to wind action (Categories C and D only)	5,0	deg	0,7	Pass	+85,36

Los resultados obtenidos obtienen un “*pass*” en cada uno de sus estatus. Eso significa que cumplen con la normativa ISO 12217-1 vigente.

## 17. Consideraciones medioambientales

Durante la realización del proyecto se ha tenido en cuenta el impacto medioambiental que puede producir dicha embarcación desde su concepción hasta su funcionamiento.

Al tratarse de una embarcación de vela, su medio de propulsión principal será la fuerza del viento, diseñando un casco ligero y estable para poder conseguir la máxima velocidad con la mayor comodidad. De esta manera las maniobras a motor son reducidas, destinándose el uso del sistema propulsado por diésel a la entrada y salida de puerto, fondeo, o ayuda a la navegación en caso de encontrarse un temporal, condiciones de poco viento o rotura del aparejo.

También hemos diseñado un sistema para implantar un motor eléctrico a bordo para poder navegar con las mínimas vibraciones, sin ruido y sin emisiones contaminantes.

En las formas del casco hemos buscado las formas más estables y a la vez más modernas para poder navegar a altas velocidades. También se han buscado las formas más modernas y eficientes para los apéndices en busca de una reducción de la resistencia al avance y por tanto una mayor eficiencia energética de la misma, reduciendo la potencia necesaria a instalar a bordo. Además, se ha desarrollado un plano vélico de superficie bastante extensa, lo que permite que con unas condiciones livianas de viento la embarcación pueda desplazarse a vela sin necesidad de usar el motor.

De la misma manera se ha desarrollado el laminado de la embarcación para ser producida mediante un proceso de infusión, reduciendo de forma notable las emisiones de estireno frente a un proceso manual, muy perjudiciales para la salud de los operarios y para el medio ambiente.

Otro ítem sobre el que se ha trabajado ha sido la reducción de peso de la embarcación. Para conseguirlo se ha concebido el laminado de la cubierta, el casco y el fondo por un sistema sándwich, que permite la reducción de peso de esta en un 30% aproximadamente respecto a un laminado convencional. El sistema de infusión también reduce el consumo de resina con lo que también se reduce el peso de la embarcación. A la hora de escoger los equipos a instalar se tiene en cuenta en la medida de lo posible tanto el consumo eléctrico de estos como su peso, atendiendo también a la distribución en la embarcación para la reducción de trimados indeseados.

## 18. Valoración económica

Llegando al final de la primera vuelta de espiral, procederemos a estimar un valor económico a este proyecto. Se realizará de una manera muy rudimentaria y aproximada, ya que este valor no es el definitivo. Cómo se trata de una embarcación diseñada específicamente para un tipo de armador, nos queremos asegurar de que el valor del coste de esta embarcación no se ha disparado.

Para el desglose presupuestario se distingue entre los diversos hitos reseñables en una construcción naval en materiales compuestos:

- Modelo y molde
- Materiales para laminado
- Mano de obra
- Equipos

Consideraremos el coste de modelo y molde que se pueda estimar en un coste de entre 1500 y 1800 € m/2 para obtener una unidad que permita la producción de una serie de embarcaciones por encima de las 10 unidades.

Para la producción en serie de este modelo optaremos por el uso de un molde hembra, sobre el que se realizará el laminado tanto de la cubierta como el del casco.

Finalmente se estima el coste total en moldes en 45000 €.

Los materiales necesarios para el laminado a modo ejemplificado serán los siguientes:

- Mat 225
- Mat 300
- Mat 450
- Roving 450
- Roving 500
- Roving 600
- Roving 800
- Madera de balsa
- Velo superficial
- Gelcoat
- Resina
- Masilla poliéster

El coste en materiales estimado es de 5181,59€

El desglose de precios estará en el apartado de Anexos.

Como nuestra embarcación se realiza por el método infusión se tendrán en cuenta todos los materiales fungibles que necesitamos para hacer el laminado por este método.

Para el desarrollo de una infusión se requieren además de materiales fungibles:

- Peel ply
- Malla de distribución
- Bolsa de vacío
- Torretas
- Tuberías de inyección/extracción
- "T" de extracción

El coste para una laminación por el método infusión genérica se puede estimar en 3000 € para casco y cubierta.

La mano de obra es un recurso que tiene un gran peso en la cantidad de recursos económicos en la construcción de una embarcación, ya que no deja de ser un proceso artesanal muy poco automatizado. A un coste industrial de 25 €/hora, y estimando que con un equipo de 6 personas el total en la construcción puede prolongarse a aproximadamente 3 meses, el coste total sería de 72000 €.

Para los diversos equipos instalados a bordo (electrónica, bombas, motor, línea de eje, acomodación, depósitos, etc.) se destina un presupuesto de 40000 €.

Para la opción de motor eléctrico, como nos ha dicho el fabricante, tendría un precio de 25976€. Si le ponemos el motor eléctrico a la embarcación el valor aumentaría unos 15000€ aproximadamente, con lo que nos quedaría un precio final aproximado de 55000€.

Para la opción de mástil de carbono el precio final sería de 50000€

Finalmente se estima que la unidad podría producirse por un valor aproximado de 130200€.

Para el precio final incluyendo extras como por ejemplo motor eléctrico y mástil de carbono el precio final de producción costaría en torno a 151700€.



## 19. Conclusiones

Con el desarrollo del proyecto de diseño de la embarcación a vela considerado finalizado, y ajustando todos los elementos para proporcionar un barco con las máximas prestaciones se ha obtenido una embarcación de 10,47 metros de eslora de casco con una manga de 3,4 metros.

Uno de los principales objetivos que se perseguía con el diseño era el de realizar una embarcación de competición y a la vez cómoda en trayectos. En ese sentido el desarrollo del diseño ha buscado ceñirse a estas medidas teniendo en cuenta las holguras necesarias para las maniobras

Otro objetivo cumplido ha sido tanto la categoría de navegación, realizando las pruebas necesarias, así como el concepto crucero-regata que se buscaba.

En este sentido el cliente busca una embarcación que cumpliera ciertas expectativas de velocidad y prestaciones de maniobrabilidad, comodidad y comportamiento, características de un velero de regatas combinadas con las bondades de un crucero cómodo. En el mercado podría tener un gran desarrollo compitiendo con otros veleros modernos de competición que ahora tanto está creciendo la demanda ya que en las regatas en el mediterráneo y en todo el mundo las listas de inscripciones para clases ORC van batiendo récord tras récord de participación. En nuestro caso se ha buscado la combinación de las bondades de un crucero como son la facilidad de maniobra y la maximización del espacio interior, y las bondades de una regata como son las prestaciones en términos de velocidad, reducción de pesos y simplificación de sistemas.

La superficie vélica de 68 m<sup>2</sup> superior a todas las embarcaciones de su misma eslora y la construcción de un plano vélico estudiado al milímetro para obtener el máximo equilibrio entre ceñida y rumbos abiertos que le dan unas prestaciones a esta embarcación con estas características de una velocidad elevada, en cualquier rumbo y en cualquier condición de viento.

Un aspecto fundamental para el cliente era la obtención de una acomodación interior adecuada para una dotación de 6 personas y 4 de ellas totalmente cómodas. Con ello se ha desarrollado un comedor con dos sofás uno en cada banda de babor y de estribor.

Finalmente puede considerarse que se ha obtenido un diseño acorde a las especificaciones del perfil de cliente regatista, y que además proporciona numerosas ventajas a nivel productivo debido a la concepción de su diseño, a nivel medioambiental debido al proceso de construcción usado y el análisis de formas.

## 20. Bibliografía

1. ALEJANDRO BESEDNJAK. Materiales Compuestos, Procesos de Fabricación de Embarcaciones. Barcelona, publicado por Edicions UPC, 2005.
2. LARS LARSSON & ROLF ELIASSON. Principles of yacht design. London, publicado por McGrawHill Professional, 2007.
3. Aero-hydrodynamics and the performance of sailing yachts. Fabio Fossati. London: Adlard Coles, 2009
4. Sociedad de Clasificación Bureau Veritas marine  
<https://www.bureauveritas.es/home/about-us/our-business/marine>
5. INTERNATIONAL ORGANIZATION for STANDARDIZATION. ISO 12215-5 Small craft - Hull construction and scantlings - Part 5: Design pressures for monohulls, design stresses, scantlings determination. Génova, publicado por ISO, 2008.
6. INTERNATIONAL ORGANIZATION for STANDARDIZATION, ISO 12217-2 Small craft - Stability and buoyancy assessment and categorization - Part 2: Sailing boats of hull length greater than or equal to 6 m. Génova, publicado por ISO, 2013.
7. Página web del fabricante de motores intraborda Volvo penta.  
<https://www.volvopenta.es/marineleisure/es-es/products/sailboats/ranges/saildrive/d1-20-130s/d1-20-130s.html>
8. Página web del fabricante de motores eléctricos marinos OceanVolt.  
<https://oceanvolt.com/solutions/systems/sd-sail-drives/>
9. Página web de la base de datos de veleros. <https://sailboatdata.com/>
10. Página web base de datos de embarcaciones a vela. <https://www.boat-specs.com/>
11. Página web fabricante de jarcia firme y jarcia móvil Seldén.  
[http://www.seldenmast.com/en/services/calculators/bowsprit\\_calculator.html?id=4605&cmd=frm1&lang=en&RM=33340&WLH=1220&HGR=12220&USL=1250&DBS=1000](http://www.seldenmast.com/en/services/calculators/bowsprit_calculator.html?id=4605&cmd=frm1&lang=en&RM=33340&WLH=1220&HGR=12220&USL=1250&DBS=1000)
12. Página web de Elan yachts. <https://www.elan-yachts.com/es/modelos/yates-de-elan/elan-e4>

13. Trabajo fin de grado UPC Commons 129834 \_TFG\_Final *DISEÑO Y CÁLCULO DEL SOPORTE DE UN AEROGENERADOR MARINO DEL TIPO JACKET.*
14. Trabajo fin de grado UPC Commons 136578. *Estudio del aparejo de un velero y su elección en función del programa de navegación. Comparación de la configuración de cuatro veleros de 41 pies.*
15. Trabajo fin de grado UPC Commons. *Diseño de un velero de concepto crucero-regata de 31 pies.*
16. Trabajo fin de grado UPC Commons 129884. *Estudio y Diseño de una Embarcación de 18,5 metros de Eslora.*
17. Trabajo fin de grado UPC Commons 130806. *Diseño de un velero de 9,5 metros de eslora de Categoría de Diseño B para regatas costeras y de altura.*

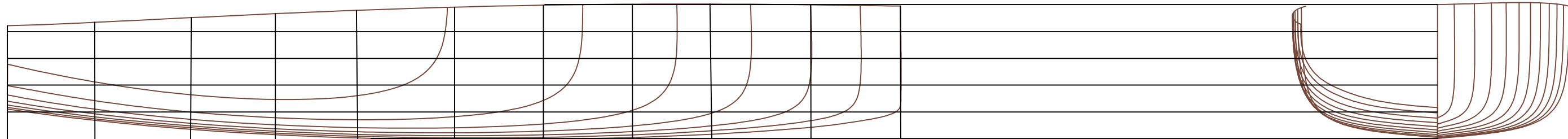
## 21. Anexos

- I. Plano de formas
- II. Plano disposición general
- III. Plano refuerzos fondo
- IV. Plano refuerzos costado
- V. Plano refuerzos cubierta
- VI. Plano cuaderna maestra
- VII. Plano cuaderna obenques
- VIII. Plano del mástil
- IX. Plano sistema eléctrico
- X. Plano servicio sanitario
- XI. Plano Apéndices
- XII. Diseño 3D Rhinoceros
- XIII. Resultados estabilidad
- XIV. Plano del motor Volvo Penta
- XV. Resultados Superestructura
- XVI. Resultados cubierta
- XVII. Resultados refuerzos cubierta
- XVIII. Resultados fondos
- XIX. Resultados refuerzos del fondo
- XX. Resultados costados
- XXI. Resultado refuerzos de costado
- XXII. Resultado cuaderna
- XXIII. Resultado cuaderna maestra
- XXIV. Desglose precios del laminado



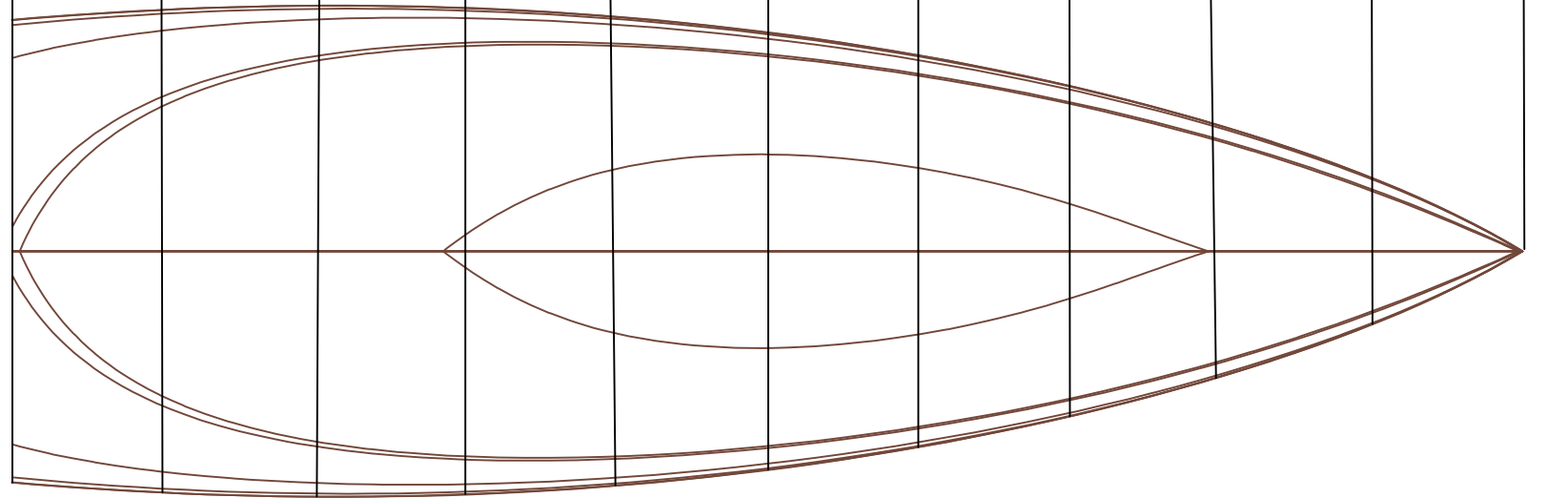
## I. Plano de formas

PLANO DE FORMAS




Perfil

Alzado



Planta

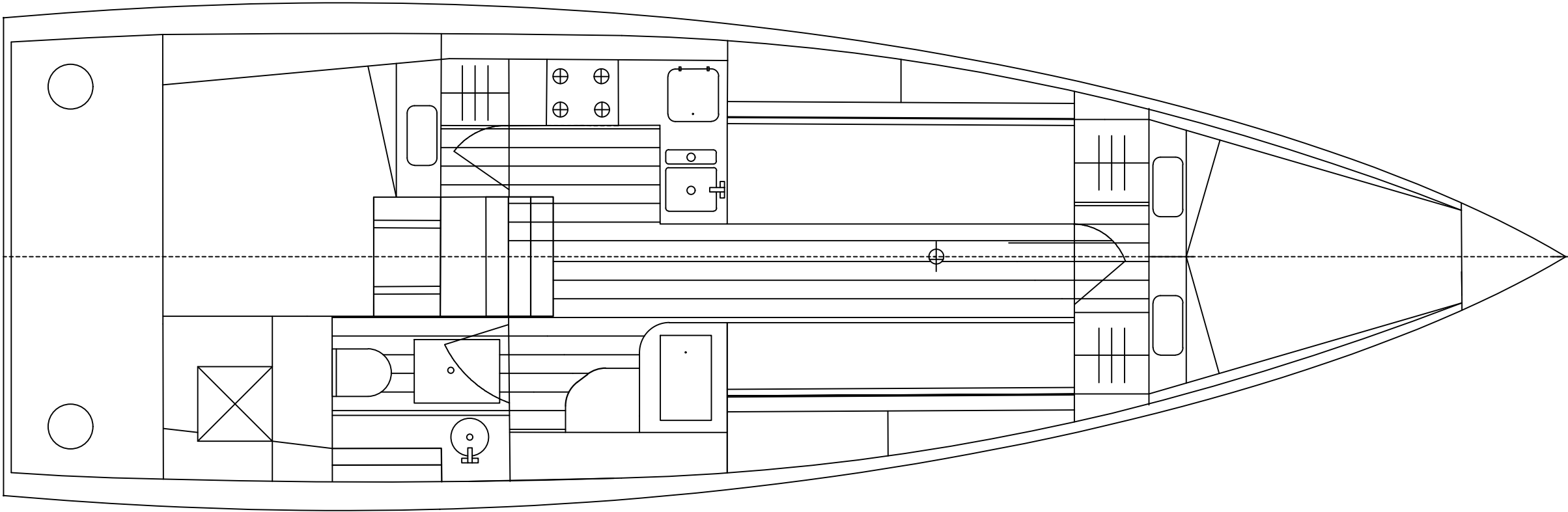
Características	
LOA	10,47 m
Lwl	10,36 m
Bmax	3,4 m
Bwl	2,886 m
Tc	0,353 m
Despl.	4616,18 kg
Cp	0,58


Departamento responsable	Referencia técnica	Proyecto	Estado del documento	Escala
Oficina Técnica		Diseño de un velero crucero-regat de 34 pies	En preparación	1:50
	Creado por Bartomeu Borràs Barceló	Título Plano de formas	Grado en Ingeniería y Tecnologías Navales	
	Aprobado por		Rev. A	Fecha de edición 10/07/2019
			Idioma es	Hoja 1

## II. Disposición general



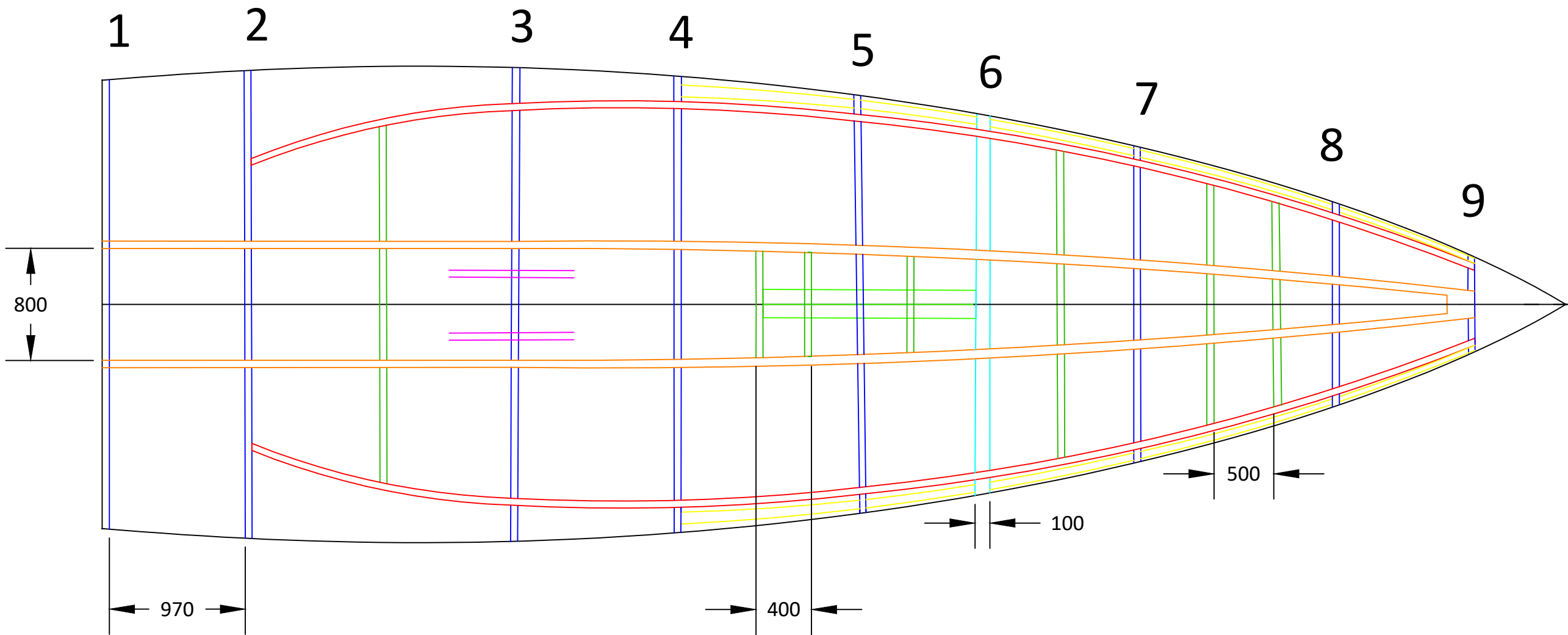
DISPOSICIÓN GENERAL



Departamento responsable	Referencia técnica	Proyecto		Estado del documento		Escala	
Oficina Técnica		Diseño de un velero crucero-regata de 34 pies		En preparación		1:33	
	Creado por Bartomeu Borràs Barceló	Título  Disposición general		Grado en Ingeniería y Tecnologías Navales			
	Aprobado por			Rev. A	Fecha de edición 10/07/2019	Idioma es	Hoja 2

### III. Plano de refuerzos fondo

REFUERZOS DEL FONDO

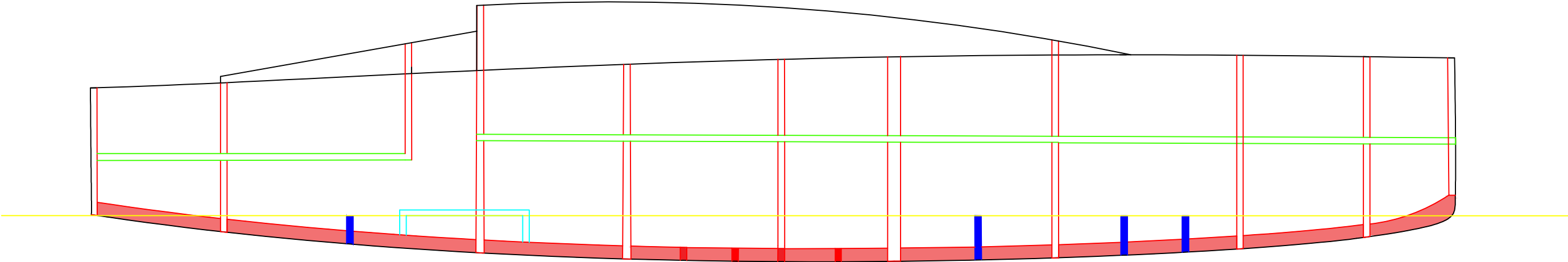








Leyenda	
	Cuaderna
	Bancada del motor
	Refuerzo en la DWL
	Varenga de fondo
	Cuaderna maestra
	Refuerzo longitudinal de fondo
	Refuerzo de costado


Departamento responsable	Referencia técnica	Proyecto	Estado del documento	Escala
Oficina Técnica		Diseño de un velero crucero-regata de 34 pies	En preparación	1:33
	Creado por	Título	Grado en Ingeniería y Tecnologías Navales	
	Bartomeu Borràs Barceló			
	Aprobado por		Rev. A	Fecha de edición 10/07/2019
			Idioma es	Hoja 3

## IV. Plano refuerzos costado

# REFUERZOS DEL COSTADO

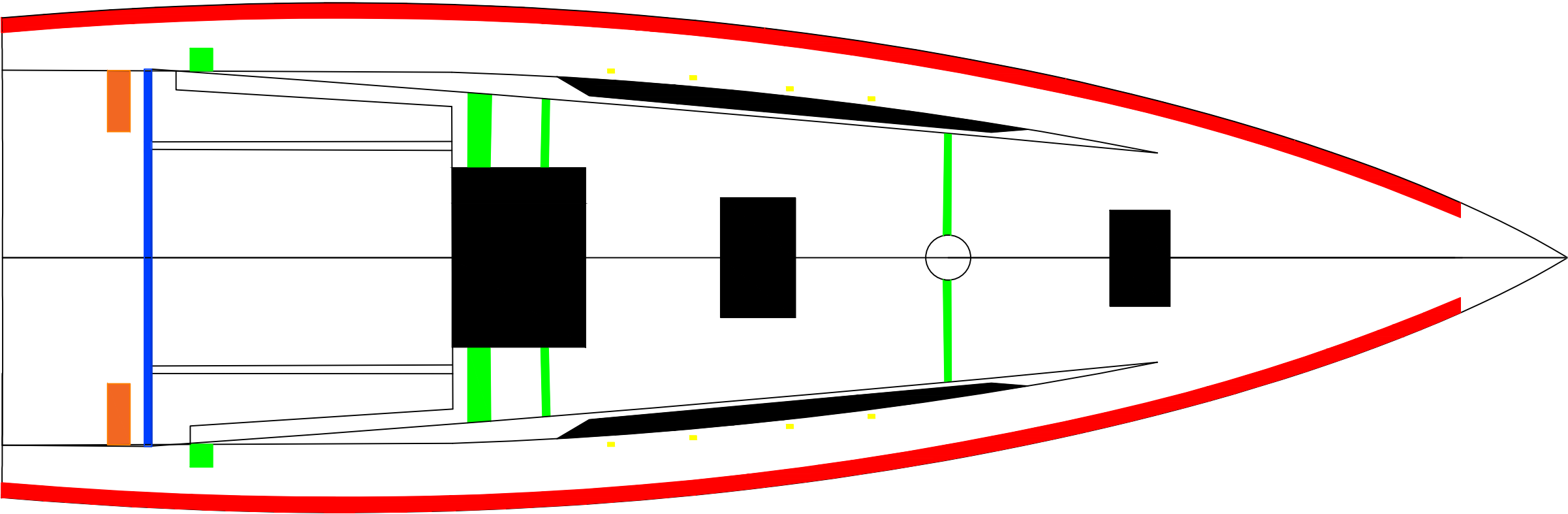


Leyenda	
	Refuerzos de costado
	varengas
	DWL
	Cuaderna
	Refuerzos transversales
	Bancada del motor


Departamento responsable	Referencia técnica	Proyecto	Estado del documento	Escala
Oficina Técnica		Diseño de un velero cruceero-regata de 34 pies	En preparación	1:33
	Creado por Bartomeu Borràs Barceló	Título Refuerzos costado	Grado en Ingeniería y Tecnologías Navales	
	Aprobado por		Rev. A	Fecha de edición 10/07/2019
			Idioma es	Hoja 4

## V. Plano refuerzos cubierta

# REFUERZOS DE LA CUBIERTA Y SUPERESTRUCTURA



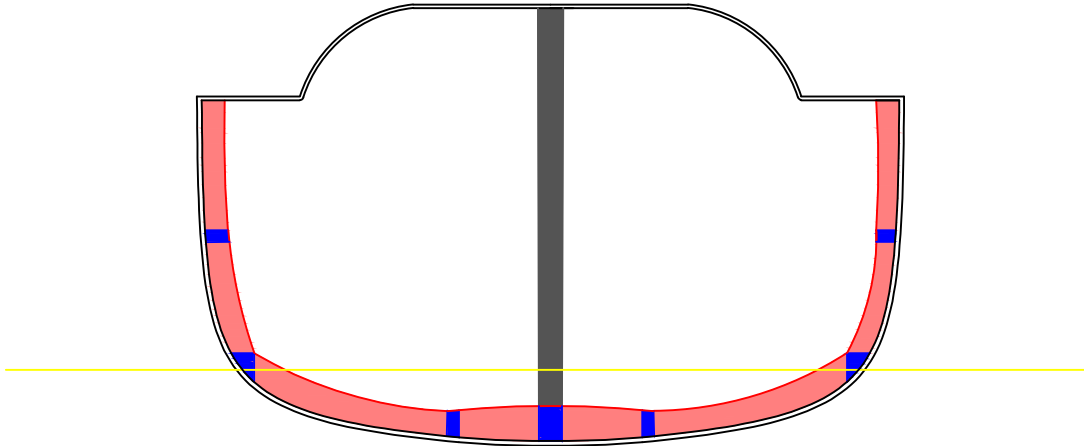
Leyenda	
<div></div>	Refuerzo junta casco cubierta
<div></div>	Refuerzos superestructura
<div></div>	Refuerzo carril de foque
<div></div>	Refuerzo timón
<div></div>	Refuerzo carril de la mayor

Departamento responsable	Referencia técnica	Proyecto	Estado del documento		Escala	
Oficina Técnica		Diseño de un velero cruceero-regata de 34 pies	En preparación		1:33	
	Creado por Bartomeu Borràs Barceló	Título  Refuerzos cubierta y superestructura	Grado en Ingeniería y Tecnologías Navales			
	Aprobado por		Rev. A	Fecha de edición 10/07/2019	Idioma es	Hoja 5


## VI. Plano cuaderna maestra





CUADERNA MAESTRA





Leyenda

 mástil

 DWL

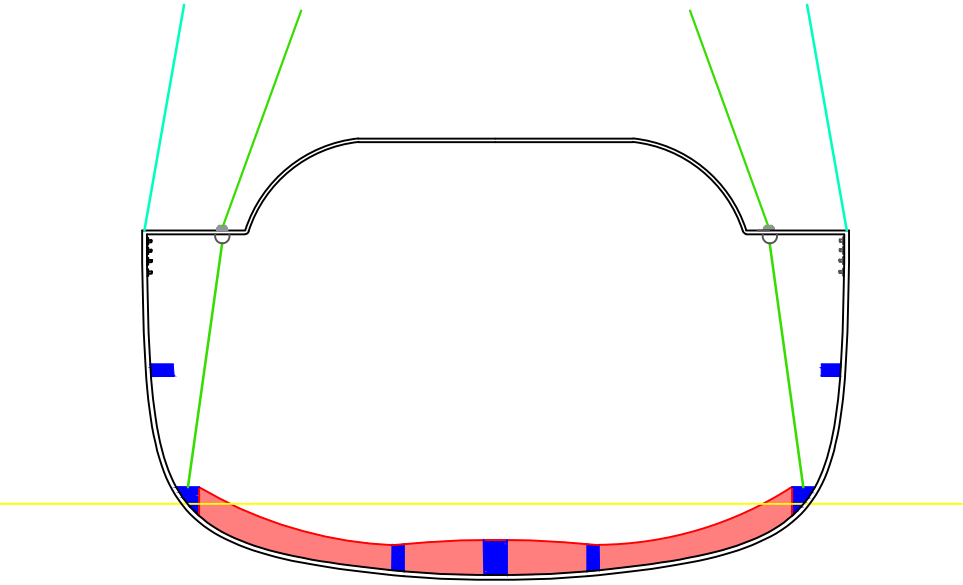
 cuaderna






 Refuerzos longitudinales


Departamento responsable	Referencia técnica	Proyecto		Estado del documento		Escala	
Oficina Técnica		Diseño de un velero cruceero-regata de 34 pies		En preparación		1:33	
	Creado por Bartomeu Borràs Barceló	Título  Cuaderna maestra		Grado en Ingeniería y Tecnologías Navales			
	Aprobado por			Rev. A	Fecha de edición 10/07/2019	Idioma es	Hoja 5

## VII. Plano cuaderna obenques

CUADERNA OBenQUES

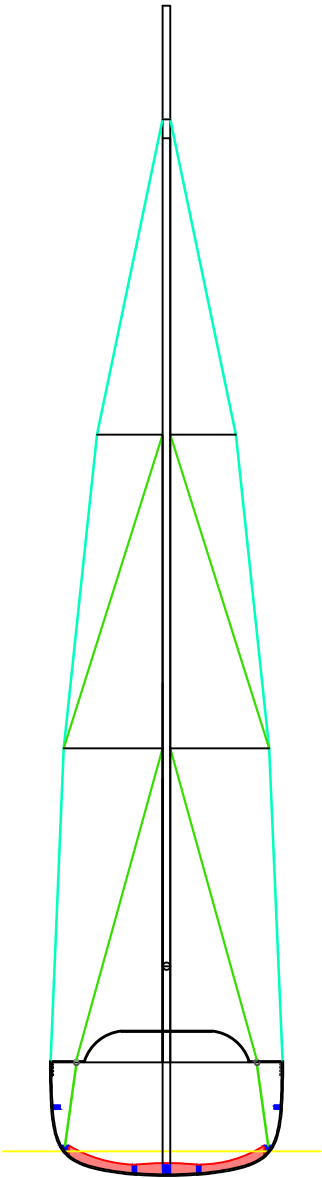


Leyenda	
	obenque interior
	obenque
	DWL
	cuaderna
	Refuerzos longitudinales

Departamento responsable	Referencia técnica	Proyecto	Estado del documento		Escala	
Oficina Técnica		Diseño de un velero cruceero-regata de 34 pies	En preparación		1:33	
	Creado por Bartomeu Borràs Barceló	Título  Cuaderna obenques	Grado en Ingeniería y Tecnologías Navales			
	Aprobado por		Rev. A	Fecha de edición 10/07/2019	Idioma es	Hoja 7

## VIII. Plano del mástil

MÁSTIL



Leyenda

/

obenque interior

/

obenque


—

DWL

cuaderna

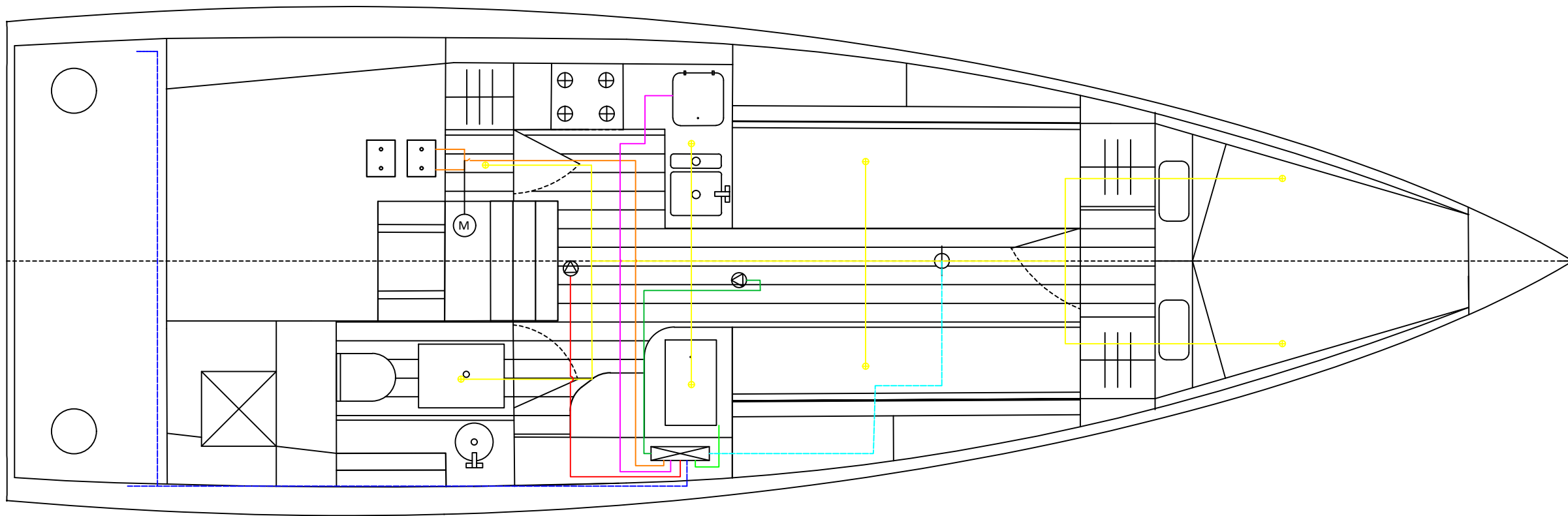
■

Refuerzos longitudinales

Departamento responsable	Referencia técnica	Proyecto	Estado del documento		Escala	
Oficina Técnica		Diseño de un velero cruceero-regata de 34 pies	En preparación		1:100	
	Creado por Bartomeu Borràs Barceló	Título  Mástil	Grado en Ingeniería y Tecnologías Navales			
	Aprobado por		Rev. A	Fecha de edición 10/07/2019	Idioma es	Hoja 8

## IX. Plano sistema eléctrico

# SISTEMA ELÉCTRICO



## Leyenda

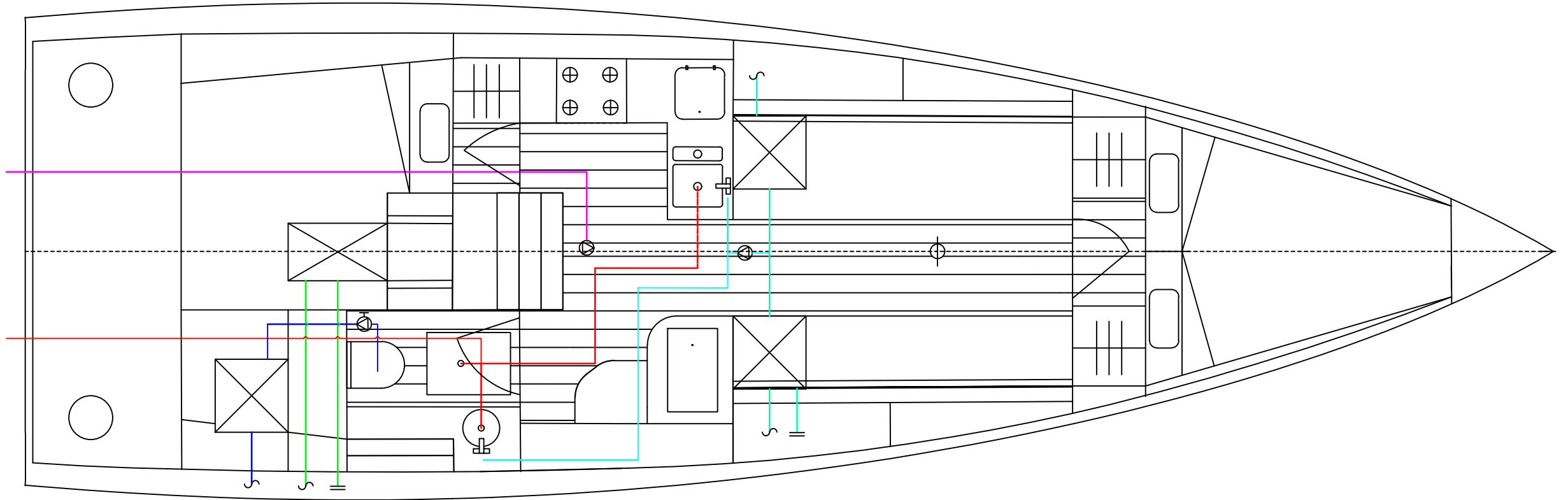
- |  |                                  |  |                                 |
|--|----------------------------------|--|---------------------------------|
|  | Línea luces de navegación/fondeo |  | Luces                           |
|  | Línea Displays de navegación     |  | Baterías                        |
|  | Línea de luces de cabina         |  | Panel eléctrico de los sistemas |
|  | Línea nevera                     |  | Bomba de presión                |
|  | Línea alimentación del panel     |  | Interruptor baterías            |
|  | Línea bomba de sentina           |  |                                 |
|  | Motor de arranque                |  |                                 |
|  | Bomba de sentina                 |  |                                 |

Departamento responsable	Referencia técnica	Proyecto	Estado del documento	Escala
Oficina Técnica		Diseño de un velero cruceero-regata de 34 pies	En preparación	1:33
	Creado por Bartomeu Borràs Barceló	Título Sistema eléctrico	Grado en Ingeniería y Tecnologías Navales	
	Aprobado por		Rev. A	Fecha de edición 10/07/2019
			Idioma es	Hoja 9








## X. Plano servicio sanitario




# SERVICIO SANITARIO



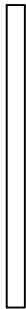
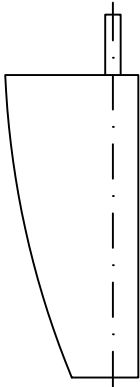
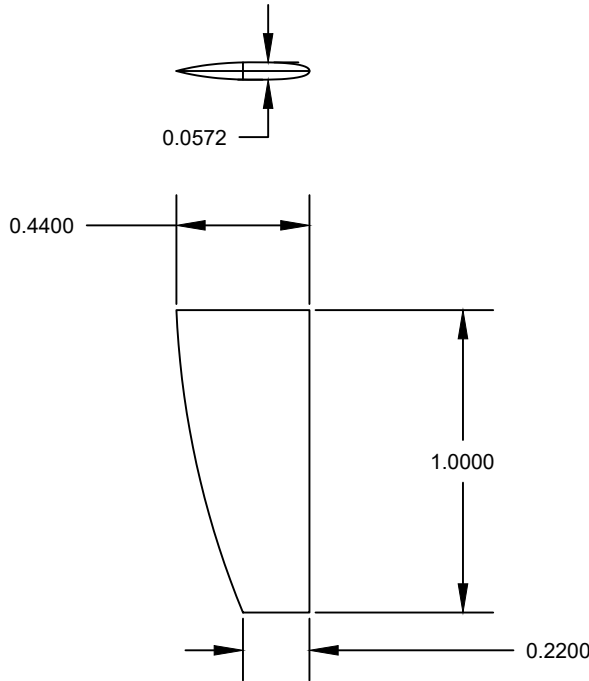
### Leyenda

- |  |                         |   |                             |
|--|-------------------------|---|-----------------------------|
|  | Sistema de combustible  |  | Ventoe de cubierto          |
|  | Sistema de aguas negras |  | Carga a tierra              |
|  | Sistema de aguas negras |  | Bomba de sentina            |
|  | Sisema de agua dulce    |  | Bomba manual                |
|  | Achique de sentina      |  | Bomba sistema de agua dulce |

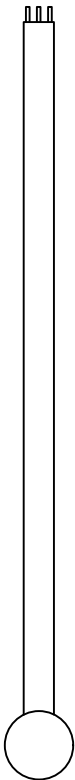
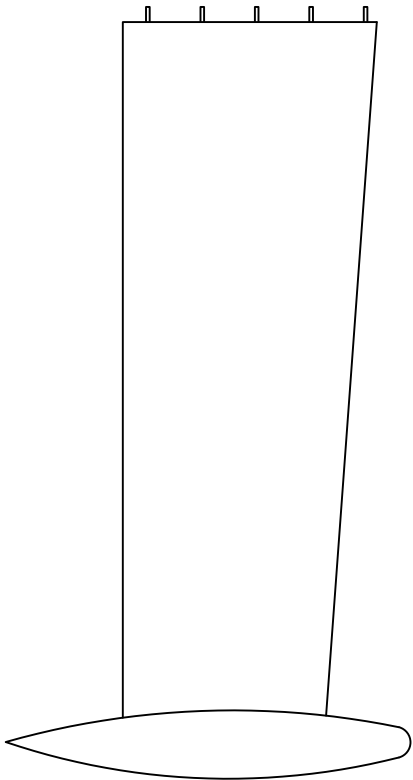
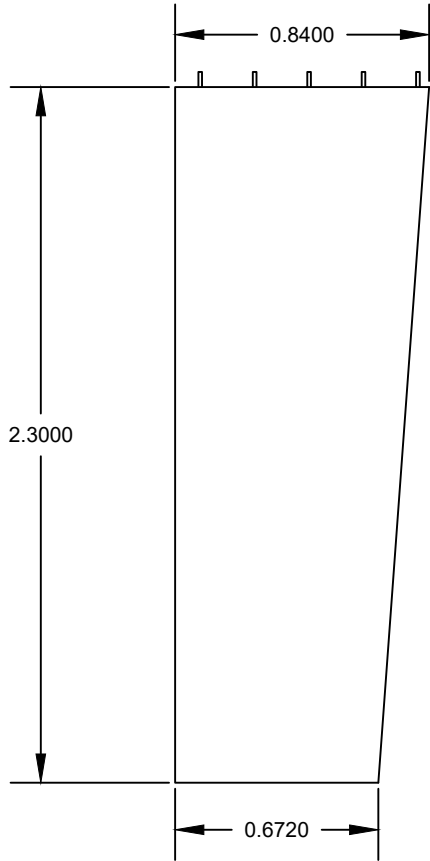
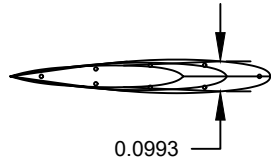
Departamento responsable	Referencia técnica	Proyecto	Estado del documento		Escala
Oficina Técnica		Diseño de un velero cruceero-regata de 34 pies	En preparación		1:33
	Creado por Bartomeu Borràs Barceló	Título  Servicio sanitario	Grado en Ingeniería y Tecnologías Navales		
	Aprobado por		Rev. A	Fecha de edición 10/07/2019	Idioma es

## XI. Plano Apéndices

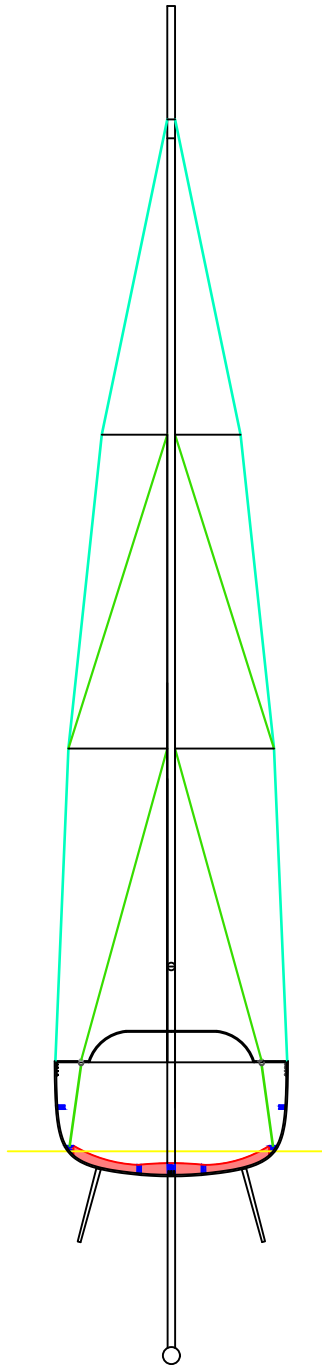
APÉNDICES



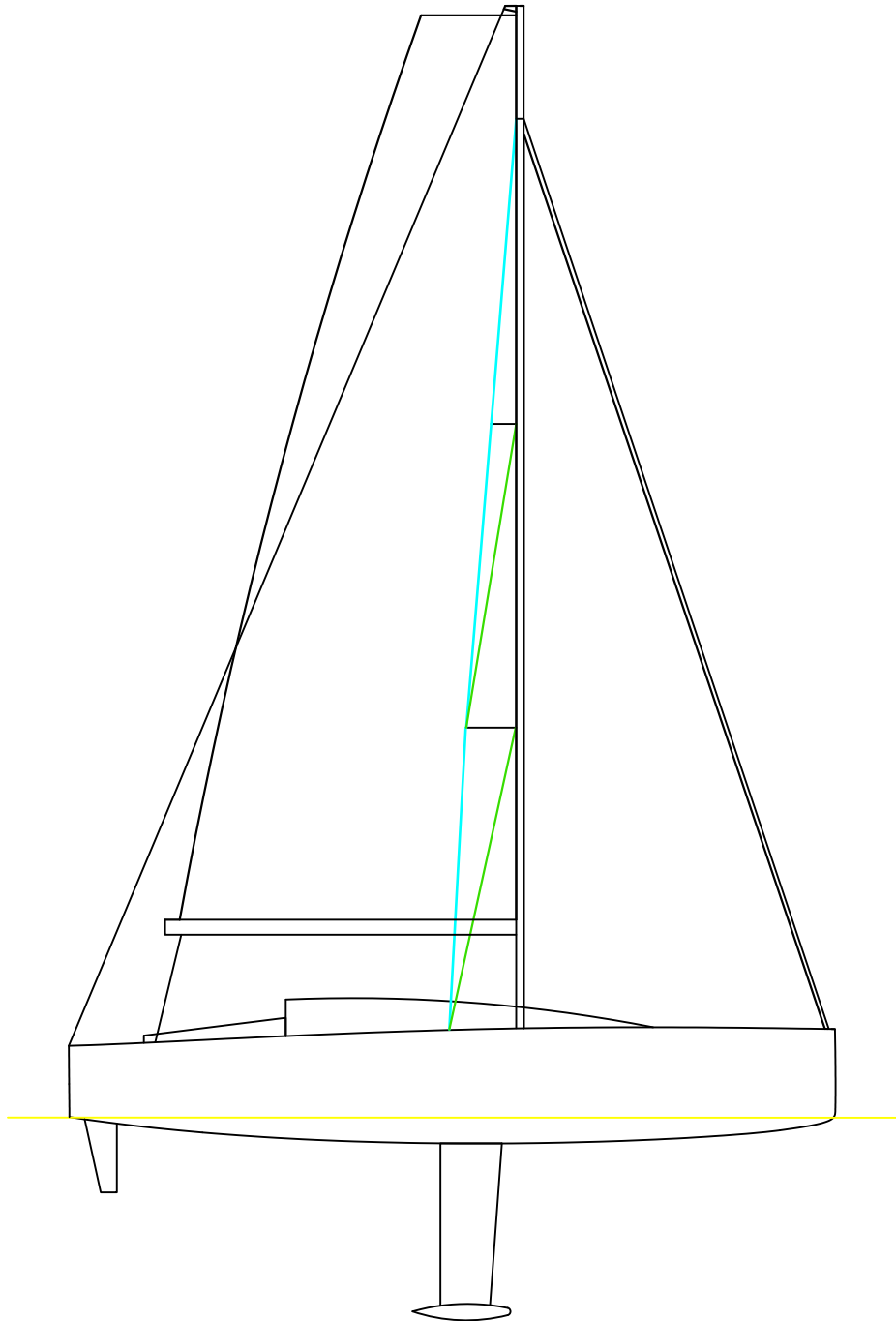
Palas de timón  
1:25




Quilla  
1:25



Sección  
1:100



Perfil  
1:100

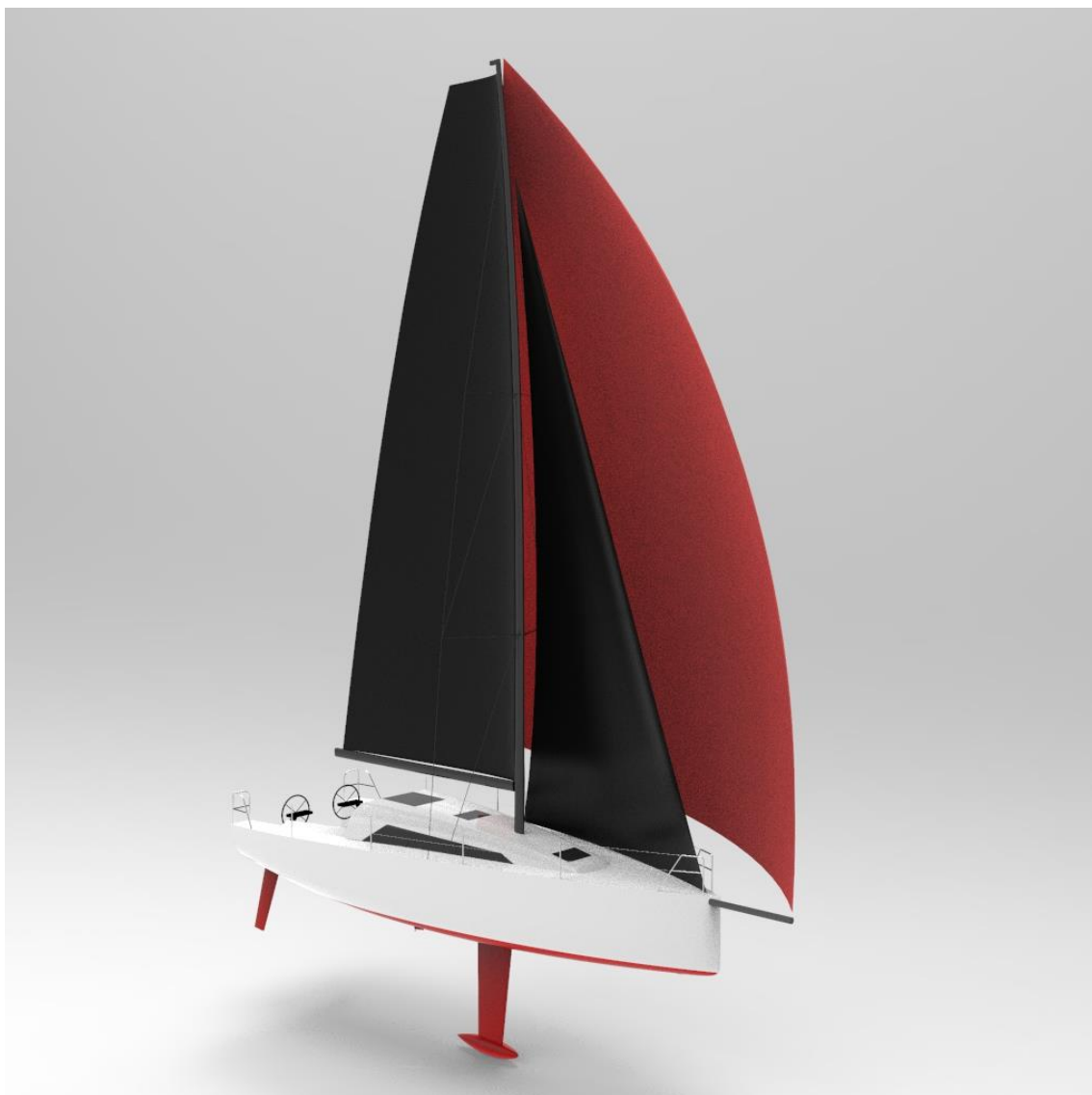
Departamento responsable	Referencia técnica	Tipo de documento		Estado del documento		
Oficina Técnica		Diseño de un velero crucero-regata de 34 pies		En preparación		
	Creado por Bartomeu Borrás Barceló	Título Apéndices		Grado en Ingeniería y Tecnologías Navales		
	Aprobado por			Rev. A	Fecha de edición 10/07/2019	Idioma es Hoja 11

## XII. Diseño 3D rhinoceros





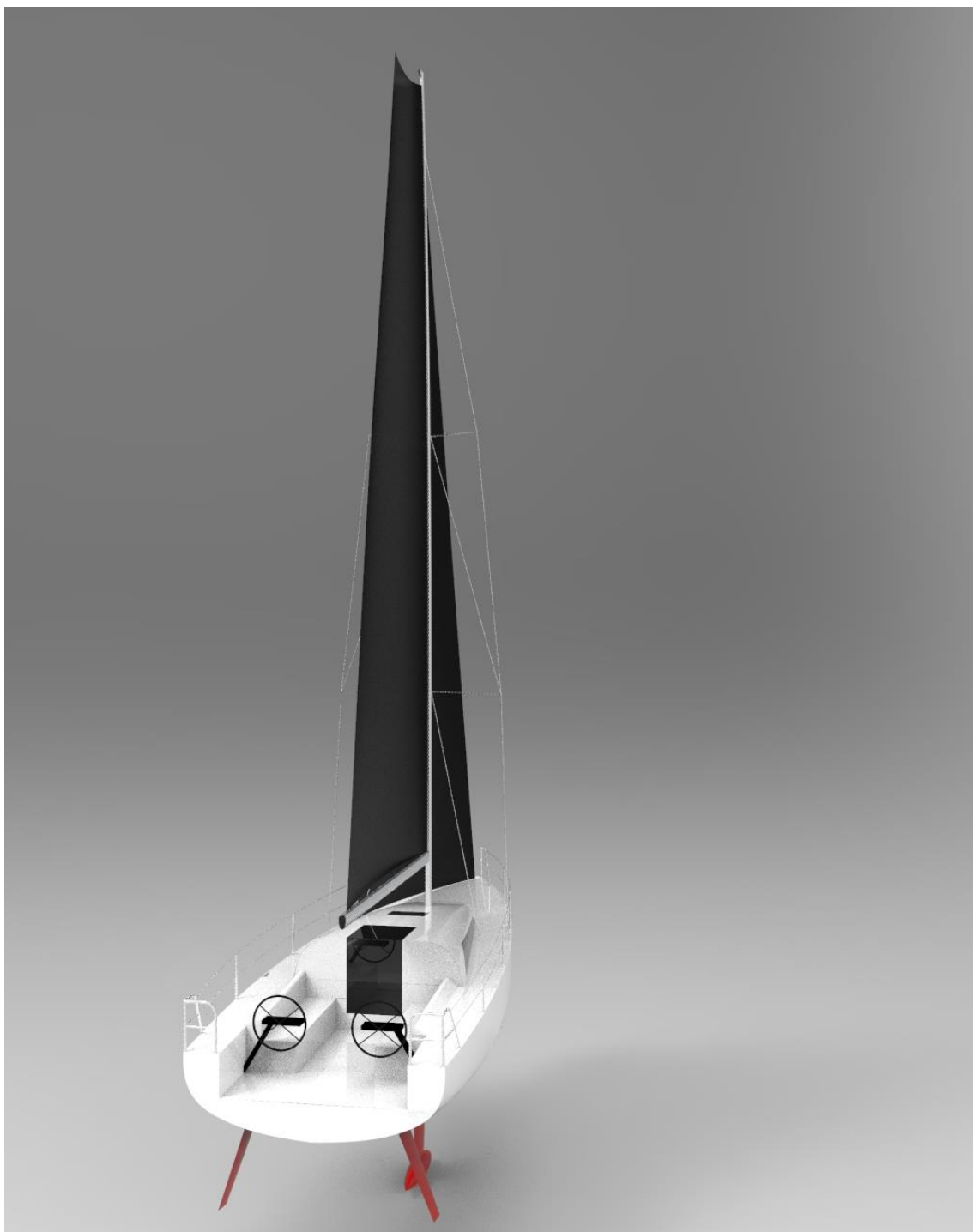














## XIII. Resultados estabilidad

## Stability calculation - Yacht\_27\_finished

Stability 22.00.00.97, build: 97

Model file: C:\Users\Usuario\Desktop\curs 2018 - 2019\UNIVERSITAT\Q8\TFG\Modeler\Yacht\_27\_finished (High precision, 223 sections, Trimming off, Skin thickness not applied). Long. datum: MS; Vert. datum: Baseline. Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp.‰: 0,01000(0,100); Trim‰(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel‰(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

### Loadcase - Peso muerto

#### Damage Case - Intact

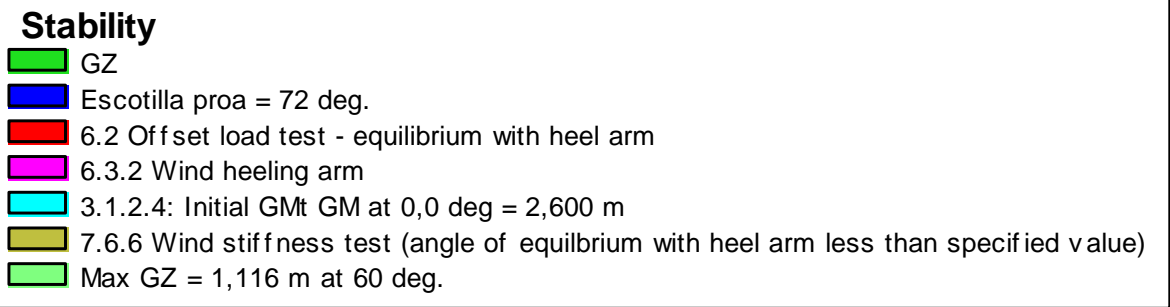
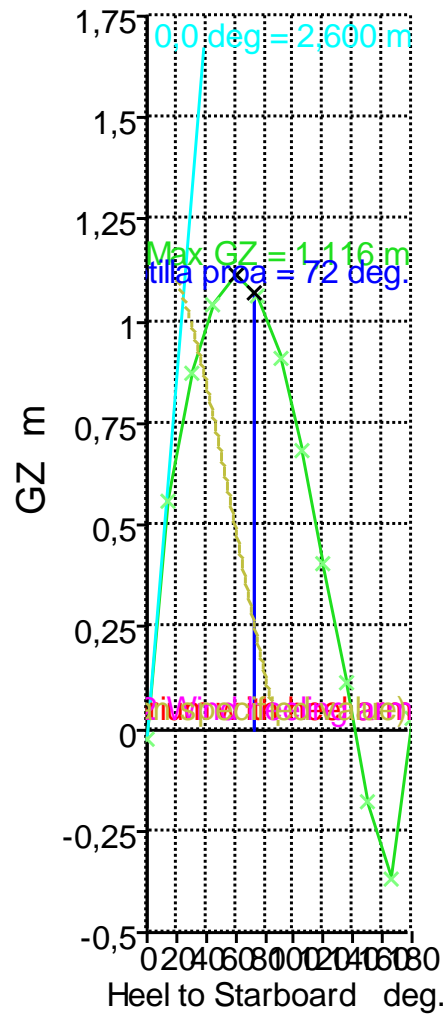
Free to Trim

Specific gravity = 1,025; (Density = 1025 kg/m<sup>3</sup>)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Unit Mass Kg	Total Mass kg	Unit Volume litre	Total Volume litre	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM kg.m	FSM Type
Lightship	1	0,0	0,0			-0,278	0,000	0,000	0,000	User Specified
Fuel	100%	84,0	84,0	100,0	100,0	-3,250	0,000	0,400	0,000	Maximum
Keel	1	1618,0	1618,0			0,500	0,000	-1,500	0,000	User Specified
Battery 1	1	31,0	31,0			-2,750	0,500	0,400	0,000	User Specified
Battery 2	1	31,0	31,0			-2,750	0,600	0,400	0,000	User Specified
Oven	1	30,0	30,0			-1,350	0,880	0,500	0,000	User Specified
Cubierta int	1	60,0	60,0			1,000	0,000	0,000	0,000	User Specified
Tripulación	8	75,0	600,0			0,000	0,000	0,000	0,000	User Specified
Pertrechos	8	15,0	120,0			0,000	0,000	0,000	0,000	User Specified
Aparejos	1	50,0	50,0			-1,000	0,000	0,000	0,000	User Specified
Acomodación	1	500,0	500,0			-2,000	0,000	1,500	0,000	User Specified
Gear	1	20,0	20,0			-2,000	0,000	0,000	0,000	User Specified
Hull	1	261,3	261,3			0,520	0,000	0,160	0,000	User Specified
side	1	263,3	263,3			-0,056	0,000	0,900	0,000	User Specified
Deck	1	281,8	281,8			-0,990	0,000	1,200	0,000	User Specified
Interior deck	1	60,0	60,0			-0,600	0,000	0,360	0,000	User Specified
Superest	1	56,9	56,9			2,000	0,000	1,750	0,000	User Specified
Mast	1	150,0	150,0			1,000	0,000	5,000	0,000	User Specified
Boom	1	30,0	30,0			-2,000	0,000	2,500	0,000	User Specified
Engine	1	144,0	144,0			-2,500	0,000	0,300	0,000	User Specified

Item Name	Quantity	Unit Mass Kg	Total Mass kg	Unit Volume litre	Total Volume litre	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM kg.m	FSM Type
Anchor	1	30,0	30,0			5,000	0,000	0,500	0,000	User Specified
Fridge	1	30,0	30,0			-0,600	0,900	0,500	0,000	User Specified
Timon	2	15,0	30,0			0,000	0,000	0,000	0,000	User Specified
Black wa	100%	53,4	53,4	53,4	53,4	-3,908	0,864	0,502	0,000	Maximum
Fresh wa 1	100%	72,0	72,0	72,0	72,0	0,000	-0,690	0,450	0,000	Maximum
Fresh wa 2	100%	72,0	72,0	72,0	72,0	0,000	0,690	0,450	0,000	Maximum
Total Loadcase			4678,6	297,4	297,4	-0,242	0,029	0,027	0,000	
FS correction								0,000		
VCG fluid								0,027		

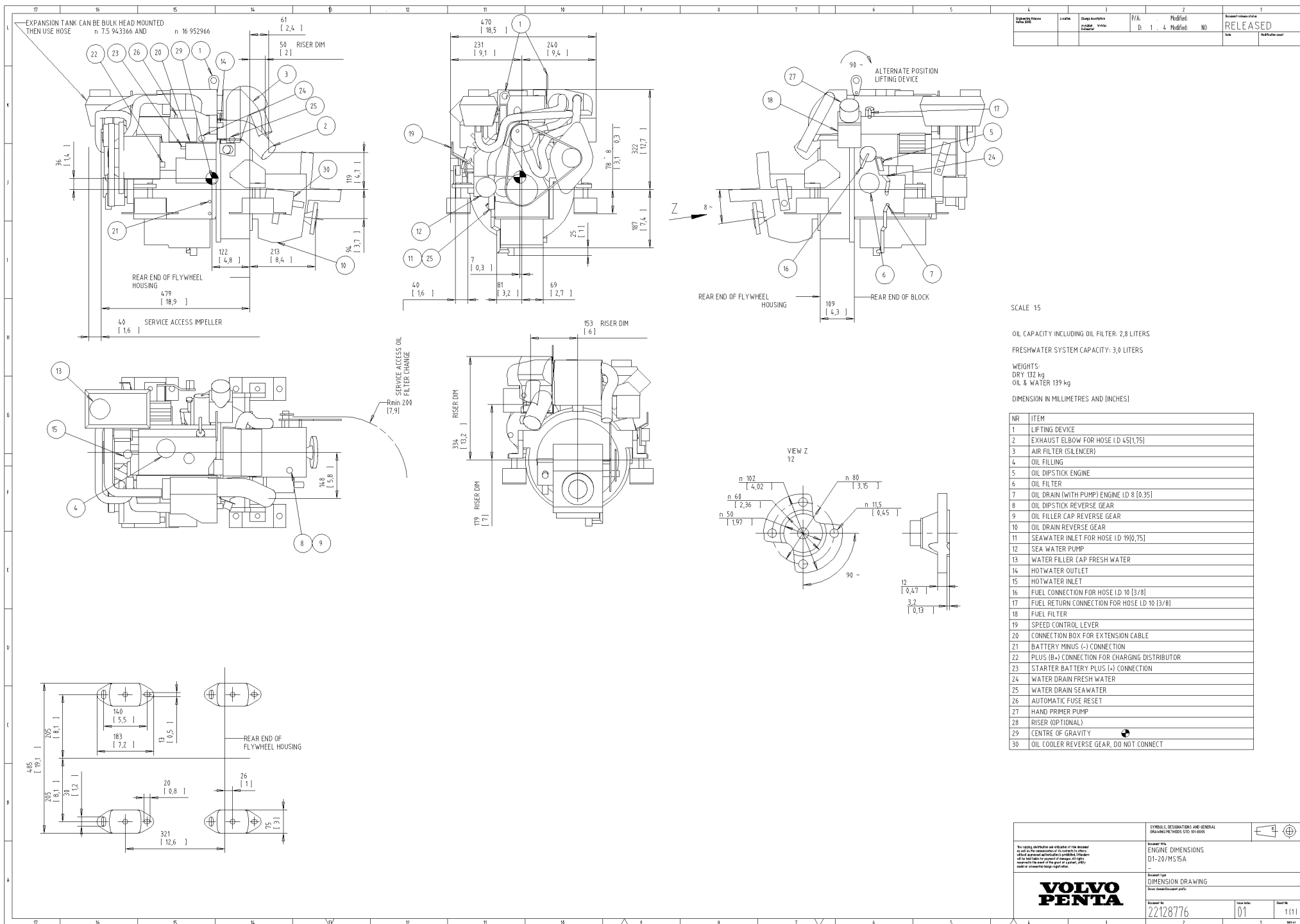




Heel to Starboard Deg	0,0	15,0	30,0	45,0	60,0	75,0	90,0	105,0	120,0	135,0	150,0	165,0	180,0
GZ m	-0,029	0,557	0,876	1,044	1,116	1,062	0,908	0,682	0,409	0,111	-0,178	-0,369	0,029
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0,0000	3,9627	14,7076	29,1026	45,2981	61,6329	76,4100	88,3379	96,5219	100,4197	99,9137	95,8128	93,2631
Displacement kg	4679	4679	4679	4678	4679	4679	4679	4678	4679	4679	4679	4679	4679
Draft at FP m	0,370	0,382	0,376	0,322	0,147	-0,480	n/a	-2,164	-1,550	-1,382	-1,333	-1,350	-1,399
Draft at AP m	0,368	0,265	-0,033	-0,580	-1,659	-4,646	n/a	-6,466	-3,476	-2,389	-1,791	-1,414	-1,278
WL Length m	10,462	10,469	10,474	10,443	10,169	9,886	9,719	10,210	10,520	10,501	10,484	10,476	10,477
Beam max extents on WL m	2,896	2,463	2,062	1,948	1,775	1,559	1,466	1,451	1,483	1,538	1,689	2,217	3,403
Wetted Area m^2	22,966	20,982	18,859	18,059	17,899	17,865	17,843	17,929	18,162	18,613	19,724	23,119	30,732
Waterpl. Area m^2	21,671	19,034	16,223	15,241	14,144	12,737	11,929	11,666	11,852	12,437	14,001	18,445	27,114
Prismatic coeff. (Cp)	0,585	0,599	0,602	0,592	0,589	0,607	0,627	0,612	0,616	0,647	0,679	0,703	0,669
Block coeff. (Cb)	0,408	0,402	0,379	0,363	0,411	0,505	0,535	0,413	0,353	0,338	0,344	0,352	0,566
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0,242	-0,244	-0,240	-0,223	-0,190	-0,149	-0,114	-0,096	-0,101	-0,133	-0,182	-0,233	-0,259
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-0,622	-0,507	-0,389	-0,285	-0,160	-0,024	0,098	0,170	0,176	0,086	-0,065	-0,289	-1,014
Max deck inclination deg	0,0114	15,0132	30,0602	45,1122	60,1295	75,0855	90,0000	104,9089	119,8529	134,8604	149,9249	164,9960	179,3171
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,0114	-0,6597	-2,3058	-5,0681	-10,0683	-22,2703	n/a	-22,9261	-10,7186	-5,6510	-2,5757	-0,3612	0,6829

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = -1,77 m)		46,4	n/a
Deck Edge (immersion pos = -1,56 m)		49,6	n/a
Tambucho	Downflooding point	Not immersed in positive range	0
Escotilla proa	Downflooding point	72	165,3
Escotilla superior	Downflooding point	114,8	0

## XIV. Plano del motor Volvo Penta



1	2	3	4	5
Released	Modified	Revised	Revised	Revised
Dr. 1	4	Modified	NO	NO
Rev	Rev	Rev	Rev	Rev

SCALE 1:5

OIL CAPACITY INCLUDING OIL FILTER: 2,8 LITERS

FRESHWATER SYSTEM CAPACITY: 3,0 LITERS

WEIGHTS:  
DRY 132 kg  
OIL & WATER 139 kg

DIMENSION IN MILLIMETRES AND (INCHES)

NR	ITEM
1	LIFTING DEVICE
2	EXHAUST ELBOW FOR HOSE I.D 45(1,75)
3	AIR FILTER (SILENCER)
4	OIL FILLING
5	OIL DIPSTICK ENGINE
6	OIL FILTER
7	OIL DRAIN (WITH PUMP) ENGINE I.D 8 [0,35]
8	OIL DIPSTICK REVERSE GEAR
9	OIL FILLER CAP REVERSE GEAR
10	OIL DRAIN REVERSE GEAR
11	SEAWATER INLET FOR HOSE I.D 19(0,75)
12	SEA WATER PUMP
13	WATER FILLER CAP FRESH WATER
14	HOTWATER OUTLET
15	HOTWATER INLET
16	FUEL CONNECTION FOR HOSE I.D 10 [3/8]
17	FUEL RETURN CONNECTION FOR HOSE I.D 10 [3/8]
18	FUEL FILTER
19	SPEED CONTROL LEVER
20	CONNECTION BOX FOR EXTENSION CABLE
21	BATTERY MINUS (-) CONNECTION
22	PLUS (+) CONNECTION FOR CHARGING DISTRIBUTOR
23	STARTER BATTERY PLUS (+) CONNECTION
24	WATER DRAIN FRESH WATER
25	WATER DRAIN SEAWATER
26	AUTOMATIC FUSE RESET
27	HAND PRIMER PUMP
28	RISER (OPTIONAL)
29	CENTRE OF GRAVITY
30	OIL COOLER REVERSE GEAR, DO NOT CONNECT

1	2	3	4	5
Released	Modified	Revised	Revised	Revised
Dr. 1	4	Modified	NO	NO
Rev	Rev	Rev	Rev	Rev

ENGINE DIMENSIONS	DI-20/MS15A
DIMENSION DRAWING	
22128776	01

## XV. Resultados Superestructura

Ship : Yacht\_27      Date : 18/05/2019  
Plate :Superestructura 1,5m x 1,5 m  
Laminate :Cubierta- Infusion  
Omega base :0,05 m x 0,05 m

Load : P1 5,85 kN/m2      Hydrostatic Layer1  
Maximum Results between locations A and B  
My = -0,628 KN.m/m      Mx = -0,567 KN.m/m  
M'x = 0,158 KN.m/m      M'y = 0,133 KN.m/m  
Txz = 2,62 KN/m      Tyz = 1,62 KN/m

	σ1 Loc	σ1 Act	σ1 Rule	σ1 Ratio	σ1 SF	σ2 Loc	σ2 Act	σ2 Rule	σ2 Ratio	σ2 SF	τ12 Loc	τ12 Act	τ12 Rule	τ12 Ratio	τ12 SF	Comb . Loc	Comb . Act	Comb b. SF	τIL1 Loc	τIL1 Act	τIL1 Rule	τIL1 Ratio	τIL1 SF	τIL2 Loc	τIL2 Act	τIL2 Rule	τIL2 Ratio	τIL2 SF
1	B	43	150	3,45	3,12	A	27	150	5,56	3,12	B	2,51	74	> 20	3,12	B	3,36	2,81	B	0,02	28	> 20	3,12	A	0,07	28	> 20	3,12
2	B	15	70	4,71	4,06	A	54	347	6,38	4,06	B	1,12	28	> 20	3,12	B	2,88	2,81	B	0,11	30	> 20	3,12	A	0,11	30	> 20	3,12
3	B	34	150	4,35	3,12	A	21	150	7,01	3,12	B	1,99	74	> 20	3,12	B	4,24	2,81	B	0,14	28	> 20	3,12	A	0,18	28	> 20	3,12
4	B	7,16	75	10,40	4,06	B	19	328	17,63	4,06	B	-7,57	-24	3,23	3,12	B	3,44	2,81	A	0,16	26	> 20	3,12	A	0,20	26	> 20	3,12
5	B	24	150	6,29	3,12	A	15	150	10,14	3,12	B	1,38	74	> 20	3,12	B	6,13	2,81	B	0,19	28	> 20	3,12	A	0,33	28	> 20	3,12
6 Top	B	0,05	0,28	6,19	2,86	A	0,03	0,28	8,85	1,32	B	0,01	0,70	> 20	2,75	B	5,79	1,98	B	0,19	0,94	4,94	2,75	A	0,33	0,94	2,87	2,75
6 Bot	B	-0,05	-0,48	10,62	2,86	A	-0,03	-0,48	15,18	1,32	B	-0,01	-0,70	> 20	2,75	B	7,87	1,98	B	0,19	0,94	4,94	2,75	A	0,33	0,94	2,87	2,75
7	B	-24	-150	6,29	3,12	A	-15	-150	10,14	3,12	B	-1,38	-74	> 20	3,12	B	6,13	2,81	B	0,19	28	> 20	3,12	A	0,33	28	> 20	3,12
8	B	-7,16	-75	10,40	4,06	B	-19	-328	17,63	4,06	B	7,57	24	3,23	3,12	B	3,44	2,81	A	0,16	26	> 20	3,12	A	0,20	26	> 20	3,12
9	B	-34	-150	4,35	3,12	A	-21	-150	7,01	3,12	B	-1,99	-74	> 20	3,12	B	4,24	2,81	B	0,14	28	> 20	3,12	A	0,18	28	> 20	3,12
10	B	-15	-70	4,71	4,06	A	-54	-347	6,38	4,06	B	-1,12	-28	> 20	3,12	B	2,88	2,81	B	0,11	30	> 20	3,12	A	0,11	30	> 20	3,12
11	B	-43	-150	3,45	3,12	A	-27	-150	5,56	3,12	B	-2,51	-74	> 20	3,12	B	3,36	2,81	B	0,02	28	> 20	3,12	A	0,07	28	> 20	3,12

Ship : Yacht\_27      Date : 18/05/2019  
Plate :Superestructura 1,5m x 1,5 m  
Laminate :Cubierta- Infusion  
Omega base :0,05 m x 0,05 m

Load : P1 5,85 kN/m2      Hydrostatic    Layer1  
Results for location A  
M'x = 0,158 KN.m/m    My = -0,628 KN.m/m    Mxy = 0,00 KN.m/m  
Nx = 0,000 KN/m      Ny = 0,000 KN/m      Nxy = 0,00 KN/m  
Txz = 2,62 KN/m      Tyz = 0.00 KN/m

	σ1 Loc	σ1 Act	σ1 Rule	σ1 Ratio	σ1 SF	σ2 Loc	σ2 Act	σ2 Rule	σ2 Ratio	σ2 SF	τ12 Loc	τ12 Act	τ12 Rule	τ12 Ratio	τ12 SF	Comb . Loc	Comb . Act	Comb b. SF	τIL1 Loc	τIL1 Act	τIL1 Rule	τIL1 Ratio	τIL1 SF	τIL2 Loc	τIL2 Act	τIL2 Rule	τIL2 Ratio	τIL2 SF
1	A	-13	-150	11,38	3,12	A	27	150	5,56	3,12	A	0,83	74	> 20	3,12	A	4,23	2,81	A	0,01	28	> 20	3,12	A	0,07	28	> 20	3,12
2	A	-5,22	-70	13,47	4,06	A	54	347	6,38	4,06	A	0,37	28	> 20	3,12	A	3,38	2,81	A	0,03	30	> 20	3,12	A	0,11	30	> 20	3,12
3	A	-10	-150	14,35	3,12	A	21	150	7,01	3,12	A	0,66	74	> 20	3,12	A	5,33	2,81	A	0,04	28	> 20	3,12	A	0,18	28	> 20	3,12
4	A	2,36	75	> 20	4,06	A	6,14	328	> 20	4,06	A	6,74	24	3,63	3,12	A	3,66	2,81	A	0,16	26	> 20	3,12	A	0,20	26	> 20	3,12
5	A	-7,23	-150	> 20	3,12	A	15	150	10,14	3,12	A	0,45	74	> 20	3,12	A	7,71	2,81	A	-0,02	-28	> 20	3,12	A	0,33	28	> 20	3,12
6 Top	A	-0,02	-0,48	> 20	2,86	A	0,03	0,28	8,85	1,32	A	0,00	0,70	> 20	2,75	A	7,45	1,98	A	-0,01	-0,94	> 20	2,75	A	0,33	0,94	2,87	2,75
6 Bot	A	0,02	0,28	13,02	2,86	A	-0,03	-0,48	15,18	1,32	A	0,00	-0,70	> 20	2,75	A	8,40	1,98	A	-0,01	-0,94	> 20	2,75	A	0,33	0,94	2,87	2,75
7	A	7,23	150	> 20	3,12	A	-15	-150	10,14	3,12	A	-0,45	-74	> 20	3,12	A	7,71	2,81	A	-0,02	-28	> 20	3,12	A	0,33	28	> 20	3,12
8	A	-2,36	-75	> 20	4,06	A	-6,14	-328	> 20	4,06	A	-6,74	-24	3,63	3,12	A	3,66	2,81	A	0,16	26	> 20	3,12	A	0,20	26	> 20	3,12
9	A	10	150	14,35	3,12	A	-21	-150	7,01	3,12	A	-0,66	-74	> 20	3,12	A	5,33	2,81	A	0,04	28	> 20	3,12	A	0,18	28	> 20	3,12
10	A	5,22	70	13,47	4,06	A	-54	-347	6,38	4,06	A	-0,37	-28	> 20	3,12	A	3,38	2,81	A	0,03	30	> 20	3,12	A	0,11	30	> 20	3,12
11	A	13	150	11,38	3,12	A	-27	-150	5,56	3,12	A	-0,83	-74	> 20	3,12	A	4,23	2,81	A	0,01	28	> 20	3,12	A	0,07	28	> 20	3,12

Ship : Yacht\_27      Date : 18/05/2019  
Plate :Superestructura 1,5m x 1,5 m  
Laminate :Cubierta- Infusion  
Omega base :0,05 m x 0,05 m

Load : P1 5,85 kN/m2      Hydrostatic    Layer1  
Results for location B  
Mx = -0,567 KN.m/m    M'y = 0,133 KN.m/m    Mxy = 0,00 KN.m/m  
Nx = 0,000 kN/m      Ny = 0,000 KN/m      Nxy = 0,00 KN/m  
Txz = 0.00 KN/m      Tyz = 1,62 KN/m

	σ1 Loc	σ1 Act	σ1 Rule	σ1 Ratio	σ1 SF	σ2 Loc	σ2 Act	σ2 Rule	σ2 Ratio	σ2 SF	τ12 Loc	τ12 Act	τ12 Rule	τ12 Ratio	τ12 SF	Comb . Loc	Comb . Act	Comb b. SF	τIL1 Loc	τIL1 Act	τIL1 Rule	τIL1 Ratio	τIL1 SF	τIL2 Loc	τIL2 Act	τIL2 Rule	τIL2 Ratio	τIL2 SF
1	B	43	150	3,45	3,12	B	-1,67	-150	> 20	3,12	B	2,51	74	> 20	3,12	B	3,36	2,81	B	0,02	28	> 20	3,12	B	0,01	28	> 20	3,12
2	B	15	70	4,71	4,06	B	-23	-347	15,08	4,06	B	1,12	28	> 20	3,12	B	2,88	2,81	B	0,11	30	> 20	3,12	B	0,01	30	> 20	3,12
3	B	34	150	4,35	3,12	B	-1,33	-150	> 20	3,12	B	1,99	74	> 20	3,12	B	4,24	2,81	B	0,14	28	> 20	3,12	B	0,02	28	> 20	3,12
4	B	7,16	75	10,40	4,06	B	19	328	17,63	4,06	B	-7,57	-24	3,23	3,12	B	3,44	2,81	B	0,12	26	> 20	3,12	B	-0,13	-26	> 20	3,12
5	B	24	150	6,29	3,12	B	-0,92	-150	> 20	3,12	B	1,38	74	> 20	3,12	B	6,13	2,81	B	0,19	28	> 20	3,12	B	-0,02	-28	> 20	3,12
6 Top	B	0,05	0,28	6,19	2,86	B	-0,01	-0,48	> 20	1,32	B	0,01	0,70	> 20	2,75	B	5,79	1,98	B	0,19	0,94	4,94	2,75	B	-0,01	-0,94	> 20	2,75
6 Bot	B	-0,05	-0,48	10,62	2,86	B	0,01	0,28	19,28	1,32	B	-0,01	-0,70	> 20	2,75	B	7,87	1,98	B	0,19	0,94	4,94	2,75	B	-0,01	-0,94	> 20	2,75
7	B	-24	-150	6,29	3,12	B	0,92	150	> 20	3,12	B	-1,38	-74	> 20	3,12	B	6,13	2,81	B	0,19	28	> 20	3,12	B	-0,02	-28	> 20	3,12
8	B	-7,16	-75	10,40	4,06	B	-19	-328	17,63	4,06	B	7,57	24	3,23	3,12	B	3,44	2,81	B	0,12	26	> 20	3,12	B	-0,13	-26	> 20	3,12
9	B	-34	-150	4,35	3,12	B	1,33	150	> 20	3,12	B	-1,99	-74	> 20	3,12	B	4,24	2,81	B	0,14	28	> 20	3,12	B	0,02	28	> 20	3,12
10	B	-15	-70	4,71	4,06	B	23	347	15,08	4,06	B	-1,12	-28	> 20	3,12	B	2,88	2,81	B	0,11	30	> 20	3,12	B	0,01	30	> 20	3,12
11	B	-43	-150	3,45	3,12	B	1,67	150	> 20	3,12	B	-2,51	-74	> 20	3,12	B	3,36	2,81	B	0,02	28	> 20	3,12	B	0,01	28	> 20	3,12

## XVI. Resultados cubierta



Ship : Yacht\_27      Date : 18/05/2019  
Plate :Cubierta 1m x 1 m  
Laminate :Cubierta- Infusion  
Omega base :0,05 m x 0,05 m

Load : P1 5 kN/m2      Hydrostatic Layer1  
Maximum Results between locations A and B  
My = -0,227 KN.m/m      Mx = -0,205 KN.m/m  
M'x = 0,06 KN.m/m      M'y = 0,051 KN.m/m  
Txz = 1,47 KN/m      Tyz = 0,91 KN/m

	σ1 Loc	σ1 Act	σ1 Rule	σ1 Ratio	σ1 SF	σ2 Loc	σ2 Act	σ2 Rule	σ2 Ratio	σ2 SF	τ12 Loc	τ12 Act	τ12 Rule	τ12 Ratio	τ12 SF	Comb . Loc	Comb . Act	Comb b. SF	τIL1 Loc	τIL1 Act	τIL1 Rule	τIL1 Ratio	τIL1 SF	τIL2 Loc	τIL2 Act	τIL2 Rule	τIL2 Ratio	τIL2 SF
1	B	16	150	9,57	3,12	A	9,70	150	15,47	3,12	B	0,90	74	> 20	3,12	B	9,29	2,81	B	0,01	28	> 20	3,12	A	0,04	28	> 20	3,12
2	B	5,39	70	13,04	4,06	A	20	347	17,65	4,06	B	0,40	28	> 20	3,12	B	7,91	2,81	B	0,06	30	> 20	3,12	A	0,06	30	> 20	3,12
3	B	12	150	12,06	3,12	A	7,69	150	19,50	3,12	B	0,71	74	> 20	3,12	B	11,71	2,81	B	0,08	28	> 20	3,12	A	0,10	28	> 20	3,12
4	B	2,56	75	> 20	4,06	B	6,66	328	> 20	4,06	B	-2,75	-24	8,88	3,12	B	9,45	2,81	A	0,09	26	> 20	3,12	A	0,11	26	> 20	3,12
5	B	8,60	150	17,45	3,12	A	5,32	150	> 20	3,12	B	0,49	74	> 20	3,12	B	16,94	2,81	B	0,11	28	> 20	3,12	A	0,18	28	> 20	3,12
6 Top	B	0,02	0,28	17,13	2,86	A	0,01	0,28	> 20	1,32	B	0,00	0,70	> 20	2,75	B	15,99	1,98	B	0,11	0,94	8,82	2,75	A	0,18	0,94	5,13	2,75
6 Bot	B	-0,02	-0,48	> 20	2,86	A	-0,01	-0,48	> 20	1,32	B	0,00	-0,70	> 20	2,75	B	> 20	1,98	B	0,11	0,94	8,82	2,75	A	0,18	0,94	5,13	2,75
7	B	-8,60	-150	17,45	3,12	A	-5,32	-150	> 20	3,12	B	-0,49	-74	> 20	3,12	B	16,94	2,81	B	0,11	28	> 20	3,12	A	0,18	28	> 20	3,12
8	B	-2,56	-75	> 20	4,06	B	-6,66	-328	> 20	4,06	B	2,75	24	8,88	3,12	B	9,45	2,81	A	0,09	26	> 20	3,12	A	0,11	26	> 20	3,12
9	B	-12	-150	12,06	3,12	A	-7,69	-150	19,50	3,12	B	-0,71	-74	> 20	3,12	B	11,71	2,81	B	0,08	28	> 20	3,12	A	0,10	28	> 20	3,12
10	B	-5,39	-70	13,04	4,06	A	-20	-347	17,65	4,06	B	-0,40	-28	> 20	3,12	B	7,91	2,81	B	0,06	30	> 20	3,12	A	0,06	30	> 20	3,12
11	B	-16	-150	9,57	3,12	A	-9,70	-150	15,47	3,12	B	-0,90	-74	> 20	3,12	B	9,29	2,81	B	0,01	28	> 20	3,12	A	0,04	28	> 20	3,12

Ship : Yacht\_27      Date : 18/05/2019

Plate :Cubierta 1m x 1 m

Laminate :Cubierta- Infusion

Omega base :0,05 m x 0,05 m

Load : P1 5 kN/m2      Hydrostatic    Layer1

Results for location A

M'x = 0,06 KN.m/m    My = -0,227 KN.m/m    Mxy = 0,00 KN.m/m

Nx = 0,000 KN/m      Ny = 0,000 KN/m      Nxy = 0,00 KN/m

Txz = 1,47 KN/m      Tyz = 0.00 KN/m

	σ1 Loc	σ1 Act	σ1 Rule	σ1 Ratio	σ1 SF	σ2 Loc	σ2 Act	σ2 Rule	σ2 Ratio	σ2 SF	τ12 Loc	τ12 Act	τ12 Rule	τ12 Ratio	τ12 SF	Comb . Loc	Comb . Act	Comb b. SF	τIL1 Loc	τIL1 Act	τIL1 Rule	τIL1 Ratio	τIL1 SF	τIL2 Loc	τIL2 Act	τIL2 Rule	τIL2 Ratio	τIL2 SF
1	A	-4,98	-150	> 20	3,12	A	9,70	150	15,47	3,12	A	0,28	74	> 20	3,12	A	11,59	2,81	A	0,01	28	> 20	3,12	A	0,04	28	> 20	3,12
2	A	-1,96	-70	> 20	4,06	A	20	347	17,65	4,06	A	0,13	28	> 20	3,12	A	9,20	2,81	A	0,02	30	> 20	3,12	A	0,06	30	> 20	3,12
3	A	-3,95	-150	> 20	3,12	A	7,69	150	19,50	3,12	A	0,22	74	> 20	3,12	A	14,61	2,81	A	0,03	28	> 20	3,12	A	0,10	28	> 20	3,12
4	A	0,81	75	> 20	4,06	A	2,10	328	> 20	4,06	A	2,46	24	9,92	3,12	A	9,99	2,81	A	0,09	26	> 20	3,12	A	0,11	26	> 20	3,12
5	A	-2,73	-150	> 20	3,12	A	5,32	150	> 20	3,12	A	0,16	74	> 20	3,12	A	> 20	2,81	A	-0,01	-28	> 20	3,12	A	0,18	28	> 20	3,12
6 Top	A	-0,01	-0,48	> 20	2,86	A	0,01	0,28	> 20	1,32	A	0,00	0,70	> 20	2,75	A	> 20	1,98	A	-0,01	-0,94	> 20	2,75	A	0,18	0,94	5,13	2,75
6 Bot	A	0,01	0,28	> 20	2,86	A	-0,01	-0,48	> 20	1,32	A	0,00	-0,70	> 20	2,75	A	> 20	1,98	A	-0,01	-0,94	> 20	2,75	A	0,18	0,94	5,13	2,75
7	A	2,73	150	> 20	3,12	A	-5,32	-150	> 20	3,12	A	-0,16	-74	> 20	3,12	A	> 20	2,81	A	-0,01	-28	> 20	3,12	A	0,18	28	> 20	3,12
8	A	-0,81	-75	> 20	4,06	A	-2,10	-328	> 20	4,06	A	-2,46	-24	9,92	3,12	A	9,99	2,81	A	0,09	26	> 20	3,12	A	0,11	26	> 20	3,12
9	A	3,95	150	> 20	3,12	A	-7,69	-150	19,50	3,12	A	-0,22	-74	> 20	3,12	A	14,61	2,81	A	0,03	28	> 20	3,12	A	0,10	28	> 20	3,12
10	A	1,96	70	> 20	4,06	A	-20	-347	17,65	4,06	A	-0,13	-28	> 20	3,12	A	9,20	2,81	A	0,02	30	> 20	3,12	A	0,06	30	> 20	3,12
11	A	4,98	150	> 20	3,12	A	-9,70	-150	15,47	3,12	A	-0,28	-74	> 20	3,12	A	11,59	2,81	A	0,01	28	> 20	3,12	A	0,04	28	> 20	3,12

Ship : Yacht\_27      Date : 18/05/2019  
Plate :Cubierta 1m x 1 m  
Laminate :Cubierta- Infusion  
Omega base :0,05 m x 0,05 m

Load : P1 5 kN/m2      Hydrostatic Layer1  
Results for location B  
Mx = -0,205 KN.m/m      M'y = 0,051 KN.m/m      Mxy = 0,00 KN.m/m  
Nx = 0,000 kN/m      Ny = 0,000 KN/m      Nxy = 0,00 KN/m  
Txz = 0.00 KN/m      Tyz = 0,91 KN/m

	σ1 Loc	σ1 Act	σ1 Rule	σ1 Ratio	σ1 SF	σ2 Loc	σ2 Act	σ2 Rule	σ2 Ratio	σ2 SF	τ12 Loc	τ12 Act	τ12 Rule	τ12 Ratio	τ12 SF	Comb . Loc	Comb . Act	Comb b. SF	τIL1 Loc	τIL1 Act	τIL1 Rule	τIL1 Ratio	τIL1 SF	τIL2 Loc	τIL2 Act	τIL2 Rule	τIL2 Ratio	τIL2 SF
1	B	16	150	9,57	3,12	B	-0,72	-150	> 20	3,12	B	0,90	74	> 20	3,12	B	9,29	2,81	B	0,01	28	> 20	3,12	B	0,01	28	> 20	3,12
2	B	5,39	70	13,04	4,06	B	-8,52	-347	> 20	4,06	B	0,40	28	> 20	3,12	B	7,91	2,81	B	0,06	30	> 20	3,12	B	0,01	30	> 20	3,12
3	B	12	150	12,06	3,12	B	-0,57	-150	> 20	3,12	B	0,71	74	> 20	3,12	B	11,71	2,81	B	0,08	28	> 20	3,12	B	0,01	28	> 20	3,12
4	B	2,56	75	> 20	4,06	B	6,66	328	> 20	4,06	B	-2,75	-24	8,88	3,12	B	9,45	2,81	B	0,06	26	> 20	3,12	B	-0,07	-26	> 20	3,12
5	B	8,60	150	17,45	3,12	B	-0,39	-150	> 20	3,12	B	0,49	74	> 20	3,12	B	16,94	2,81	B	0,11	28	> 20	3,12	B	-0,01	-28	> 20	3,12
6 Top	B	0,02	0,28	17,13	2,86	B	-0,01	-0,48	> 20	1,32	B	0,00	0,70	> 20	2,75	B	15,99	1,98	B	0,11	0,94	8,82	2,75	B	0,00	-0,94	> 20	2,75
6 Bot	B	-0,02	-0,48	> 20	2,86	B	0,01	0,28	> 20	1,32	B	0,00	-0,70	> 20	2,75	B	> 20	1,98	B	0,11	0,94	8,82	2,75	B	0,00	-0,94	> 20	2,75
7	B	-8,60	-150	17,45	3,12	B	0,39	150	> 20	3,12	B	-0,49	-74	> 20	3,12	B	16,94	2,81	B	0,11	28	> 20	3,12	B	-0,01	-28	> 20	3,12
8	B	-2,56	-75	> 20	4,06	B	-6,66	-328	> 20	4,06	B	2,75	24	8,88	3,12	B	9,45	2,81	B	0,06	26	> 20	3,12	B	-0,07	-26	> 20	3,12
9	B	-12	-150	12,06	3,12	B	0,57	150	> 20	3,12	B	-0,71	-74	> 20	3,12	B	11,71	2,81	B	0,08	28	> 20	3,12	B	0,01	28	> 20	3,12
10	B	-5,39	-70	13,04	4,06	B	8,52	347	> 20	4,06	B	-0,40	-28	> 20	3,12	B	7,91	2,81	B	0,06	30	> 20	3,12	B	0,01	30	> 20	3,12
11	B	-16	-150	9,57	3,12	B	0,72	150	> 20	3,12	B	-0,90	-74	> 20	3,12	B	9,29	2,81	B	0,01	28	> 20	3,12	B	0,01	28	> 20	3,12

## XVII. Resultados refuerzos cubierta

Ship : Yacht\_27      Date : 18/05/2019  
Plate :Cubierta 1m x 1 m  
Laminate :Cubierta- Infusion  
Omega base :0,05 m x 0,05 m

Load : P1 5 kN/m2      Hydrostatic Layer1  
Maximum Results between locations A and B  
My = -0,227 KN.m/m      Mx = -0,205 KN.m/m  
M'x = 0,06 KN.m/m      M'y = 0,051 KN.m/m  
Txz = 1,47 KN/m      Tyz = 0,91 KN/m

	σ1 Loc	σ1 Act	σ1 Rule	σ1 Ratio	σ1 SF	σ2 Loc	σ2 Act	σ2 Rule	σ2 Ratio	σ2 SF	τ12 Loc	τ12 Act	τ12 Rule	τ12 Ratio	τ12 SF	Comb . Loc	Comb . Act	Comb b. SF	τIL1 Loc	τIL1 Act	τIL1 Rule	τIL1 Ratio	τIL1 SF	τIL2 Loc	τIL2 Act	τIL2 Rule	τIL2 Ratio	τIL2 SF
1	B	16	150	9,57	3,12	A	9,70	150	15,47	3,12	B	0,90	74	> 20	3,12	B	9,29	2,81	B	0,01	28	> 20	3,12	A	0,04	28	> 20	3,12
2	B	5,39	70	13,04	4,06	A	20	347	17,65	4,06	B	0,40	28	> 20	3,12	B	7,91	2,81	B	0,06	30	> 20	3,12	A	0,06	30	> 20	3,12
3	B	12	150	12,06	3,12	A	7,69	150	19,50	3,12	B	0,71	74	> 20	3,12	B	11,71	2,81	B	0,08	28	> 20	3,12	A	0,10	28	> 20	3,12
4	B	2,56	75	> 20	4,06	B	6,66	328	> 20	4,06	B	-2,75	-24	8,88	3,12	B	9,45	2,81	A	0,09	26	> 20	3,12	A	0,11	26	> 20	3,12
5	B	8,60	150	17,45	3,12	A	5,32	150	> 20	3,12	B	0,49	74	> 20	3,12	B	16,94	2,81	B	0,11	28	> 20	3,12	A	0,18	28	> 20	3,12
6 Top	B	0,02	0,28	17,13	2,86	A	0,01	0,28	> 20	1,32	B	0,00	0,70	> 20	2,75	B	15,99	1,98	B	0,11	0,94	8,82	2,75	A	0,18	0,94	5,13	2,75
6 Bot	B	-0,02	-0,48	> 20	2,86	A	-0,01	-0,48	> 20	1,32	B	0,00	-0,70	> 20	2,75	B	> 20	1,98	B	0,11	0,94	8,82	2,75	A	0,18	0,94	5,13	2,75
7	B	-8,60	-150	17,45	3,12	A	-5,32	-150	> 20	3,12	B	-0,49	-74	> 20	3,12	B	16,94	2,81	B	0,11	28	> 20	3,12	A	0,18	28	> 20	3,12
8	B	-2,56	-75	> 20	4,06	B	-6,66	-328	> 20	4,06	B	2,75	24	8,88	3,12	B	9,45	2,81	A	0,09	26	> 20	3,12	A	0,11	26	> 20	3,12
9	B	-12	-150	12,06	3,12	A	-7,69	-150	19,50	3,12	B	-0,71	-74	> 20	3,12	B	11,71	2,81	B	0,08	28	> 20	3,12	A	0,10	28	> 20	3,12
10	B	-5,39	-70	13,04	4,06	A	-20	-347	17,65	4,06	B	-0,40	-28	> 20	3,12	B	7,91	2,81	B	0,06	30	> 20	3,12	A	0,06	30	> 20	3,12
11	B	-16	-150	9,57	3,12	A	-9,70	-150	15,47	3,12	B	-0,90	-74	> 20	3,12	B	9,29	2,81	B	0,01	28	> 20	3,12	A	0,04	28	> 20	3,12

Ship : Yacht\_27      Date : 18/05/2019  
Plate :Cubierta 1m x 1 m  
Laminate :Cubierta- Infusion  
Omega base :0,05 m x 0,05 m

Load : P1 5 kN/m2      Hydrostatic Layer1  
Results for location A  
M'x = 0,06 KN.m/m      My = -0,227 KN.m/m      Mxy = 0,00 KN.m/m  
Nx = 0,000 KN/m      Ny = 0,000 KN/m      Nxy = 0,00 KN/m  
Txz = 1,47 KN/m      Tyz = 0.00 KN/m

	σ1 Loc	σ1 Act	σ1 Rule	σ1 Ratio	σ1 SF	σ2 Loc	σ2 Act	σ2 Rule	σ2 Ratio	σ2 SF	τ12 Loc	τ12 Act	τ12 Rule	τ12 Ratio	τ12 SF	Comb . Loc	Comb . Act	Comb b. SF	τIL1 Loc	τIL1 Act	τIL1 Rule	τIL1 Ratio	τIL1 SF	τIL2 Loc	τIL2 Act	τIL2 Rule	τIL2 Ratio	τIL2 SF
1	A	-4,98	-150	> 20	3,12	A	9,70	150	15,47	3,12	A	0,28	74	> 20	3,12	A	11,59	2,81	A	0,01	28	> 20	3,12	A	0,04	28	> 20	3,12
2	A	-1,96	-70	> 20	4,06	A	20	347	17,65	4,06	A	0,13	28	> 20	3,12	A	9,20	2,81	A	0,02	30	> 20	3,12	A	0,06	30	> 20	3,12
3	A	-3,95	-150	> 20	3,12	A	7,69	150	19,50	3,12	A	0,22	74	> 20	3,12	A	14,61	2,81	A	0,03	28	> 20	3,12	A	0,10	28	> 20	3,12
4	A	0,81	75	> 20	4,06	A	2,10	328	> 20	4,06	A	2,46	24	9,92	3,12	A	9,99	2,81	A	0,09	26	> 20	3,12	A	0,11	26	> 20	3,12
5	A	-2,73	-150	> 20	3,12	A	5,32	150	> 20	3,12	A	0,16	74	> 20	3,12	A	> 20	2,81	A	-0,01	-28	> 20	3,12	A	0,18	28	> 20	3,12
6 Top	A	-0,01	-0,48	> 20	2,86	A	0,01	0,28	> 20	1,32	A	0,00	0,70	> 20	2,75	A	> 20	1,98	A	-0,01	-0,94	> 20	2,75	A	0,18	0,94	5,13	2,75
6 Bot	A	0,01	0,28	> 20	2,86	A	-0,01	-0,48	> 20	1,32	A	0,00	-0,70	> 20	2,75	A	> 20	1,98	A	-0,01	-0,94	> 20	2,75	A	0,18	0,94	5,13	2,75
7	A	2,73	150	> 20	3,12	A	-5,32	-150	> 20	3,12	A	-0,16	-74	> 20	3,12	A	> 20	2,81	A	-0,01	-28	> 20	3,12	A	0,18	28	> 20	3,12
8	A	-0,81	-75	> 20	4,06	A	-2,10	-328	> 20	4,06	A	-2,46	-24	9,92	3,12	A	9,99	2,81	A	0,09	26	> 20	3,12	A	0,11	26	> 20	3,12
9	A	3,95	150	> 20	3,12	A	-7,69	-150	19,50	3,12	A	-0,22	-74	> 20	3,12	A	14,61	2,81	A	0,03	28	> 20	3,12	A	0,10	28	> 20	3,12
10	A	1,96	70	> 20	4,06	A	-20	-347	17,65	4,06	A	-0,13	-28	> 20	3,12	A	9,20	2,81	A	0,02	30	> 20	3,12	A	0,06	30	> 20	3,12
11	A	4,98	150	> 20	3,12	A	-9,70	-150	15,47	3,12	A	-0,28	-74	> 20	3,12	A	11,59	2,81	A	0,01	28	> 20	3,12	A	0,04	28	> 20	3,12

Ship : Yacht\_27      Date : 18/05/2019

Plate :Cubierta 1m x 1 m

Laminate :Cubierta- Infusion

Omega base :0,05 m x 0,05 m

Load : P1 5 kN/m2      Hydrostatic Layer1

Results for location B

Mx = -0,205 KN.m/m      M'y = 0,051 KN.m/m      Mxy = 0,00 KN.m/m

Nx = 0,000 kN/m      Ny = 0,000 KN/m      Nxy = 0,00 KN/m

Txz = 0.00 KN/m      Tyz = 0,91 KN/m

	σ1 Loc	σ1 Act	σ1 Rule	σ1 Ratio	σ1 SF	σ2 Loc	σ2 Act	σ2 Rule	σ2 Ratio	σ2 SF	τ12 Loc	τ12 Act	τ12 Rule	τ12 Ratio	τ12 SF	Comb . Loc	Comb . Act	Comb b. SF	τIL1 Loc	τIL1 Act	τIL1 Rule	τIL1 Ratio	τIL1 SF	τIL2 Loc	τIL2 Act	τIL2 Rule	τIL2 Ratio	τIL2 SF
1	B	16	150	9,57	3,12	B	-0,72	-150	> 20	3,12	B	0,90	74	> 20	3,12	B	9,29	2,81	B	0,01	28	> 20	3,12	B	0,01	28	> 20	3,12
2	B	5,39	70	13,04	4,06	B	-8,52	-347	> 20	4,06	B	0,40	28	> 20	3,12	B	7,91	2,81	B	0,06	30	> 20	3,12	B	0,01	30	> 20	3,12
3	B	12	150	12,06	3,12	B	-0,57	-150	> 20	3,12	B	0,71	74	> 20	3,12	B	11,71	2,81	B	0,08	28	> 20	3,12	B	0,01	28	> 20	3,12
4	B	2,56	75	> 20	4,06	B	6,66	328	> 20	4,06	B	-2,75	-24	8,88	3,12	B	9,45	2,81	B	0,06	26	> 20	3,12	B	-0,07	-26	> 20	3,12
5	B	8,60	150	17,45	3,12	B	-0,39	-150	> 20	3,12	B	0,49	74	> 20	3,12	B	16,94	2,81	B	0,11	28	> 20	3,12	B	-0,01	-28	> 20	3,12
6 Top	B	0,02	0,28	17,13	2,86	B	-0,01	-0,48	> 20	1,32	B	0,00	0,70	> 20	2,75	B	15,99	1,98	B	0,11	0,94	8,82	2,75	B	0,00	-0,94	> 20	2,75
6 Bot	B	-0,02	-0,48	> 20	2,86	B	0,01	0,28	> 20	1,32	B	0,00	-0,70	> 20	2,75	B	> 20	1,98	B	0,11	0,94	8,82	2,75	B	0,00	-0,94	> 20	2,75
7	B	-8,60	-150	17,45	3,12	B	0,39	150	> 20	3,12	B	-0,49	-74	> 20	3,12	B	16,94	2,81	B	0,11	28	> 20	3,12	B	-0,01	-28	> 20	3,12
8	B	-2,56	-75	> 20	4,06	B	-6,66	-328	> 20	4,06	B	2,75	24	8,88	3,12	B	9,45	2,81	B	0,06	26	> 20	3,12	B	-0,07	-26	> 20	3,12
9	B	-12	-150	12,06	3,12	B	0,57	150	> 20	3,12	B	-0,71	-74	> 20	3,12	B	11,71	2,81	B	0,08	28	> 20	3,12	B	0,01	28	> 20	3,12
10	B	-5,39	-70	13,04	4,06	B	8,52	347	> 20	4,06	B	-0,40	-28	> 20	3,12	B	7,91	2,81	B	0,06	30	> 20	3,12	B	0,01	30	> 20	3,12
11	B	-16	-150	9,57	3,12	B	0,72	150	> 20	3,12	B	-0,90	-74	> 20	3,12	B	9,29	2,81	B	0,01	28	> 20	3,12	B	0,01	28	> 20	3,12

## XVIII. Resultados fondo



Ship : Yacht\_27      Date : 18/05/2019  
Plate :Fondo 1,024m x 1 m  
Laminate :Fondo- Infusion  
Omega base :0,05 m x 0,05 m

Load : P1 18,69 kN/m2      Hydrostatic Layer1  
Maximum Results between locations A and B  
My = -0,864 KN.m/m      Mx = -0,810 KN.m/m  
M'x = 0,227 KN.m/m      M'y = 0,204 KN.m/m  
Txz = 5,15 KN/m      Tyz = 3,82 KN/m

	σ1 Loc	σ1 Act	σ1 Rule	σ1 Ratio	σ1 SF	σ2 Loc	σ2 Act	σ2 Rule	σ2 Ratio	σ2 SF	τ12 Loc	τ12 Act	τ12 Rule	τ12 Ratio	τ12 SF	Comb . Loc	Comb . Act	Com b. SF	τIL1 Loc	τIL1 Act	τIL1 Rule	τIL1 Ratio	τIL1 SF	τIL2 Loc	τIL2 Act	τIL2 Rule	τIL2 Ratio	τIL2 SF
1	B	13	150	11,96	3,12	A	10	150	14,50	3,12	B	0,56	74	> 20	3,12	B	11,31	2,81	B	0,02	28	> 20	3,12	A	0,03	28	> 20	3,12
2	B	4,57	70	15,41	4,06	A	21	347	16,52	4,06	B	0,26	28	> 20	3,12	B	8,86	2,81	B	0,08	30	> 20	3,12	A	0,05	30	> 20	3,12
3	B	11	150	13,36	3,12	A	9,27	150	16,18	3,12	B	0,50	74	> 20	3,12	B	12,62	2,81	B	0,09	28	> 20	3,12	A	0,08	28	> 20	3,12
4	B	2,33	75	> 20	4,06	B	6,43	328	> 20	4,06	B	-2,85	-24	8,56	3,12	B	9,02	2,81	B	0,07	26	> 20	3,12	A	0,10	26	> 20	3,12
5	B	9,67	150	15,51	3,12	A	8,00	150	18,74	3,12	B	0,43	74	> 20	3,12	B	14,65	2,81	B	0,14	28	> 20	3,12	A	0,16	28	> 20	3,12
6	A	3,41	84	> 20	4,06	B	23	442	19,25	4,06	B	-0,23	-32	> 20	3,12	A	11,85	2,81	A	0,25	35	> 20	3,12	B	-0,15	-35	> 20	3,12
7	B	8,22	150	18,26	3,12	A	6,81	150	> 20	3,12	B	0,36	74	> 20	3,12	B	17,24	2,81	B	0,16	28	> 20	3,12	A	0,27	28	> 20	3,12
8	B	7,59	150	19,75	3,12	A	6,31	150	> 20	3,12	B	0,34	74	> 20	3,12	B	18,64	2,81	B	0,18	28	> 20	3,12	A	0,30	28	> 20	3,12
9	B	2,47	70	> 20	4,06	A	11	347	> 20	4,06	B	0,14	28	> 20	3,12	B	16,33	2,81	B	0,24	30	> 20	3,12	A	0,32	30	> 20	3,12
10 Top	B	0,02	0,34	18,93	2,86	A	0,02	0,34	> 20	1,32	B	0,00	0,90	> 20	2,75	B	17,44	1,98	B	0,24	1,10	4,63	2,75	A	0,32	1,10	3,43	2,75
10 Bot	B	-0,02	-0,58	> 20	2,86	A	-0,02	-0,58	> 20	1,32	B	0,00	-0,90	> 20	2,75	B	> 20	1,98	B	0,24	1,10	4,63	2,75	A	0,32	1,10	3,43	2,75
11	B	-2,80	-70	> 20	4,06	A	-13	-347	> 20	4,06	B	-0,17	-28	> 20	3,12	B	14,63	2,81	B	0,24	30	> 20	3,12	A	0,32	30	> 20	3,12
12	B	-8,47	-150	17,71	3,12	A	-6,81	-150	> 20	3,12	B	-0,40	-74	> 20	3,12	B	16,84	2,81	B	0,17	28	> 20	3,12	A	0,30	28	> 20	3,12
13	A	-3,49	-84	> 20	4,06	B	-24	-442	18,36	4,06	B	0,25	32	> 20	3,12	A	11,53	2,81	A	0,26	35	> 20	3,12	B	-0,15	-35	> 20	3,12
14	B	-10	-150	14,80	3,12	A	-8,17	-150	18,36	3,12	B	-0,48	-74	> 20	3,12	B	14,07	2,81	B	0,14	28	> 20	3,12	A	0,16	28	> 20	3,12
15	B	-2,47	-75	> 20	4,06	B	-6,74	-328	> 20	4,06	B	2,95	24	8,29	3,12	B	8,74	2,81	B	0,08	26	> 20	3,12	A	0,10	26	> 20	3,12
16	B	-12	-150	12,83	3,12	A	-9,44	-150	15,89	3,12	B	-0,55	-74	> 20	3,12	B	12,19	2,81	B	0,10	28	> 20	3,12	A	0,08	28	> 20	3,12
17	B	-4,74	-70	14,85	4,06	A	-21	-347	16,22	4,06	B	-0,29	-28	> 20	3,12	B	8,62	2,81	B	0,08	30	> 20	3,12	A	0,05	30	> 20	3,12
18	B	-13	-150	11,54	3,12	A	-11	-150	14,27	3,12	B	-0,61	-74	> 20	3,12	B	10,96	2,81	B	0,02	28	> 20	3,12	A	0,03	28	> 20	3,12

	σ1 Loc	σ1 Act	σ1 Rule	σ1 Ratio	σ1 SF	σ2 Loc	σ2 Act	σ2 Rule	σ2 Ratio	σ2 SF	τ12 Loc	τ12 Act	τ12 Rule	τ12 Ratio	τ12 SF	Comb . Loc	Comb . Act	Com b. SF	τIL1 Loc	τIL1 Act	τIL1 Rule	τIL1 Ratio	τIL1 SF	τIL2 Loc	τIL2 Act	τIL2 Rule	τIL2 Ratio	τIL2 SF
1	A	-3,04	-150	> 20	3,12	A	10	150	14,50	3,12	A	0,36	74	> 20	3,12	A	12,32	2,81	A	0,00	28	> 20	3,12	A	0,03	28	> 20	3,12
2	A	-1,38	-70	> 20	4,06	A	21	347	16,52	4,06	A	0,17	28	> 20	3,12	A	10,01	2,81	A	0,02	30	> 20	3,12	A	0,05	30	> 20	3,12
3	A	-2,72	-150	> 20	3,12	A	9,27	150	16,18	3,12	A	0,32	74	> 20	3,12	A	13,75	2,81	A	0,02	28	> 20	3,12	A	0,08	28	> 20	3,12
4	A	1,52	75	> 20	4,06	A	4,18	328	> 20	4,06	A	2,77	24	8,83	3,12	A	9,03	2,81	A	0,07	26	> 20	3,12	A	0,10	26	> 20	3,12
5	A	-2,35	-150	> 20	3,12	A	8,00	150	18,74	3,12	A	0,28	74	> 20	3,12	A	15,93	2,81	A	-0,02	-28	> 20	3,12	A	0,16	28	> 20	3,12
6	A	3,41	84	> 20	4,06	A	-10	-442	> 20	4,06	A	-0,15	-32	> 20	3,12	A	11,85	2,81	A	0,25	35	> 20	3,12	A	0,02	35	> 20	3,12
7	A	-2,00	-150	> 20	3,12	A	6,81	150	> 20	3,12	A	0,24	74	> 20	3,12	A	18,72	2,81	A	-0,02	-28	> 20	3,12	A	0,27	28	> 20	3,12
8	A	-1,85	-150	> 20	3,12	A	6,31	150	> 20	3,12	A	0,22	74	> 20	3,12	A	> 20	2,81	A	-0,01	-28	> 20	3,12	A	0,30	28	> 20	3,12
9	A	-0,75	-70	> 20	4,06	A	11	347	> 20	4,06	A	0,09	28	> 20	3,12	A	18,40	2,81	A	-0,01	-30	> 20	3,12	A	0,32	30	> 20	3,12
10 Top	A	-0,01	-0,58	> 20	2,86	A	0,02	0,34	> 20	1,32	A	0,00	0,90	> 20	2,75	A	19,00	1,98	A	0,00	1,10	> 20	2,75	A	0,32	1,10	3,43	2,75
10 Bot	A	0,01	0,34	> 20	2,86	A	-0,02	-0,58	> 20	1,32	A	0,00	-0,90	> 20	2,75	A	> 20	1,98	A	0,00	1,10	> 20	2,75	A	0,32	1,10	3,43	2,75
11	A	0,84	70	> 20	4,06	A	-13	-347	> 20	4,06	A	-0,11	-28	> 20	3,12	A	16,67	2,81	A	-0,01	-30	> 20	3,12	A	0,32	30	> 20	3,12
12	A	2,04	150	> 20	3,12	A	-6,81	-150	> 20	3,12	A	-0,25	-74	> 20	3,12	A	18,65	2,81	A	-0,02	-28	> 20	3,12	A	0,30	28	> 20	3,12
13	A	-3,49	-84	> 20	4,06	A	11	442	> 20	4,06	A	0,16	32	> 20	3,12	A	11,53	2,81	A	0,26	35	> 20	3,12	A	0,02	35	> 20	3,12
14	A	2,44	150	> 20	3,12	A	-8,17	-150	18,36	3,12	A	-0,30	-74	> 20	3,12	A	15,55	2,81	A	-0,03	-28	> 20	3,12	A	0,16	28	> 20	3,12
15	A	-1,54	-75	> 20	4,06	A	-4,20	-328	> 20	4,06	A	-2,83	-24	8,62	3,12	A	8,81	2,81	A	0,07	26	> 20	3,12	A	0,10	26	> 20	3,12
16	A	2,82	150	> 20	3,12	A	-9,44	-150	15,89	3,12	A	-0,34	-74	> 20	3,12	A	13,46	2,81	A	0,02	28	> 20	3,12	A	0,08	28	> 20	3,12
17	A	1,42	70	> 20	4,06	A	-21	-347	16,22	4,06	A	-0,18	-28	> 20	3,12	A	9,80	2,81	A	0,02	30	> 20	3,12	A	0,05	30	> 20	3,12
18	A	3,14	150	> 20	3,12	A	-11	-150	14,27	3,12	A	-0,38	-74	> 20	3,12	A	12,09	2,81	A	0,00	28	> 20	3,12	A	0,03	28	> 20	3,12

Ship : Yacht\_27      Date : 18/05/2019  
Plate :Fondo 1,024m x 1 m  
Laminate :Fondo- Infusion  
Omega base :0,05 m x 0,05 m

Load : P1 18,69 kN/m2      Hydrostatic Layer1  
Results for location B  
Mx = -0,810 KN.m/m      M'y = 0,204 KN.m/m      Mxy = 0,00 KN.m/m  
Nx = 0,000 kN/m      Ny = 0,000 KN/m      Nxy = 0,00 KN/m  
Txz = 0.00 KN/m      Tyz = 3,82 KN/m

	σ1 Loc	σ1 Act	σ1 Rule	σ1 Ratio	σ1 SF	σ2 Loc	σ2 Act	σ2 Rule	σ2 Ratio	σ2 SF	τ12 Loc	τ12 Act	τ12 Rule	τ12 Ratio	τ12 SF	Comb . Loc	Comb . Act	Com b. SF	τIL1 Loc	τIL1 Act	τIL1 Rule	τIL1 Ratio	τIL1 SF	τIL2 Loc	τIL2 Act	τIL2 Rule	τIL2 Ratio	τIL2 SF
1	B	13	150	11,96	3,12	B	-1,26	-150	> 20	3,12	B	0,56	74	> 20	3,12	B	11,31	2,81	B	0,02	28	> 20	3,12	B	0,00	28	> 20	3,12
2	B	4,57	70	15,41	4,06	B	-8,49	-347	> 20	4,06	B	0,26	28	> 20	3,12	B	8,86	2,81	B	0,08	30	> 20	3,12	B	0,01	30	> 20	3,12
3	B	11	150	13,36	3,12	B	-1,14	-150	> 20	3,12	B	0,50	74	> 20	3,12	B	12,62	2,81	B	0,09	28	> 20	3,12	B	0,01	28	> 20	3,12
4	B	2,33	75	> 20	4,06	B	6,43	328	> 20	4,06	B	-2,85	-24	8,56	3,12	B	9,02	2,81	B	0,07	26	> 20	3,12	B	-0,10	-26	> 20	3,12
5	B	9,67	150	15,51	3,12	B	-0,99	-150	> 20	3,12	B	0,43	74	> 20	3,12	B	14,65	2,81	B	0,14	28	> 20	3,12	B	-0,02	-28	> 20	3,12
6	B	-0,73	-84	> 20	4,06	B	23	442	19,25	4,06	B	-0,23	-32	> 20	3,12	B	13,90	2,81	B	-0,02	-35	> 20	3,12	B	-0,15	-35	> 20	3,12
7	B	8,22	150	18,26	3,12	B	-0,85	-150	> 20	3,12	B	0,36	74	> 20	3,12	B	17,24	2,81	B	0,16	28	> 20	3,12	B	-0,01	-28	> 20	3,12
8	B	7,59	150	19,75	3,12	B	-0,79	-150	> 20	3,12	B	0,34	74	> 20	3,12	B	18,64	2,81	B	0,18	28	> 20	3,12	B	0,00	-28	> 20	3,12
9	B	2,47	70	> 20	4,06	B	-4,64	-347	> 20	4,06	B	0,14	28	> 20	3,12	B	16,33	2,81	B	0,24	30	> 20	3,12	B	0,00	30	> 20	3,12
10 Top	B	0,02	0,34	18,93	2,86	B	-0,01	-0,58	> 20	1,32	B	0,00	0,90	> 20	2,75	B	17,44	1,98	B	0,24	1,10	4,63	2,75	B	0,00	1,10	> 20	2,75
10 Bot	B	-0,02	-0,58	> 20	2,86	B	0,01	0,34	> 20	1,32	B	0,00	-0,90	> 20	2,75	B	> 20	1,98	B	0,24	1,10	4,63	2,75	B	0,00	1,10	> 20	2,75
11	B	-2,80	-70	> 20	4,06	B	5,02	347	> 20	4,06	B	-0,17	-28	> 20	3,12	B	14,63	2,81	B	0,24	30	> 20	3,12	B	0,00	30	> 20	3,12
12	B	-8,47	-150	17,71	3,12	B	0,76	150	> 20	3,12	B	-0,40	-74	> 20	3,12	B	16,84	2,81	B	0,17	28	> 20	3,12	B	-0,01	-28	> 20	3,12
13	B	0,71	84	> 20	4,06	B	-24	-442	18,36	4,06	B	0,25	32	> 20	3,12	B	13,47	2,81	B	-0,02	-35	> 20	3,12	B	-0,15	-35	> 20	3,12
14	B	-10	-150	14,80	3,12	B	0,92	150	> 20	3,12	B	-0,48	-74	> 20	3,12	B	14,07	2,81	B	0,14	28	> 20	3,12	B	-0,02	-28	> 20	3,12
15	B	-2,47	-75	> 20	4,06	B	-6,74	-328	> 20	4,06	B	2,95	24	8,29	3,12	B	8,74	2,81	B	0,08	26	> 20	3,12	B	-0,10	-26	> 20	3,12
16	B	-12	-150	12,83	3,12	B	1,07	150	> 20	3,12	B	-0,55	-74	> 20	3,12	B	12,19	2,81	B	0,10	28	> 20	3,12	B	0,01	28	> 20	3,12
17	B	-4,74	-70	14,85	4,06	B	8,58	347	> 20	4,06	B	-0,29	-28	> 20	3,12	B	8,62	2,81	B	0,08	30	> 20	3,12	B	0,01	30	> 20	3,12
18	B	-13	-150	11,54	3,12	B	1,19	150	> 20	3,12	B	-0,61	-74	> 20	3,12	B	10,96	2,81	B	0,02	28	> 20	3,12	B	0,00	28	> 20	3,12

## XIX. Resultados refuerzos del fondo





## XX. Resultados costados

Ship : Yacht\_27      Date : 18/05/2019  
Plate :Costado 1,25m x 1,25 m  
Laminate :Costado- Infusion  
Omega base :0,03 m x 0,03 m

Load : P1 11,62 kN/m2      Hydrostatic Layer1  
Maximum Results between locations A and B  
My = -0,891 KN.m/m      Mx = -0,812 KN.m/m  
M'x = 0,217 KN.m/m      M'y = 0,187 KN.m/m  
Txz = 4,30 KN/m      Tyz = 2,79 KN/m

	σ1 Loc	σ1 Act	σ1 Rule	σ1 Ratio	σ1 SF	σ2 Loc	σ2 Act	σ2 Rule	σ2 Ratio	σ2 SF	τ12 Loc	τ12 Act	τ12 Rule	τ12 Ratio	τ12 SF	Comb . Loc	Comb . Act	Comb b. SF	τIL1 Loc	τIL1 Act	τIL1 Rule	τIL1 Ratio	τIL1 SF	τIL2 Loc	τIL2 Act	τIL2 Rule	τIL2 Ratio	τIL2 SF
1	B	35	150	4,31	3,12	A	23	150	6,64	3,12	B	2,13	74	> 20	3,12	B	4,16	2,81	B	0,02	28	> 20	3,12	A	0,06	28	> 20	3,12
2	B	12	70	5,67	4,06	A	47	347	7,41	4,06	B	0,98	28	> 20	3,12	B	3,41	2,81	B	0,12	30	> 20	3,12	A	0,11	30	> 20	3,12
3	B	30	150	5,01	3,12	A	19	150	7,71	3,12	B	1,83	74	> 20	3,12	B	4,84	2,81	B	0,15	28	> 20	3,12	A	0,18	28	> 20	3,12
4	B	6,55	75	11,38	4,06	B	17	328	19,82	4,06	B	-7,09	-24	3,45	3,12	B	3,65	2,81	A	0,16	26	> 20	3,12	A	0,19	26	> 20	3,12
5	B	24	150	6,20	3,12	A	16	150	9,54	3,12	B	1,48	74	> 20	3,12	B	5,99	2,81	B	0,21	28	> 20	3,12	A	0,33	28	> 20	3,12
6 Top	B	0,07	0,34	4,83	2,86	A	0,05	0,34	6,68	1,32	B	0,02	0,90	> 20	2,75	B	4,50	1,98	B	0,21	1,10	5,29	2,75	A	0,33	1,10	3,29	2,75
6 Bot	B	-0,07	-0,58	8,25	2,86	A	-0,05	-0,58	11,40	1,32	B	-0,02	-0,90	> 20	2,75	B	6,05	1,98	B	0,21	1,10	5,29	2,75	A	0,33	1,10	3,29	2,75
7	B	-24	-150	6,20	3,12	A	-16	-150	9,54	3,12	B	-1,48	-74	> 20	3,12	B	5,99	2,81	B	0,21	28	> 20	3,12	A	0,33	28	> 20	3,12
8	B	-6,55	-75	11,38	4,06	B	-17	-328	19,82	4,06	B	7,09	24	3,45	3,12	B	3,65	2,81	A	0,16	26	> 20	3,12	A	0,19	26	> 20	3,12
9	B	-30	-150	5,01	3,12	A	-19	-150	7,71	3,12	B	-1,83	-74	> 20	3,12	B	4,84	2,81	B	0,15	28	> 20	3,12	A	0,18	28	> 20	3,12
10	B	-12	-70	5,67	4,06	A	-47	-347	7,41	4,06	B	-0,98	-28	> 20	3,12	B	3,41	2,81	B	0,12	30	> 20	3,12	A	0,11	30	> 20	3,12
11	B	-35	-150	4,31	3,12	A	-23	-150	6,64	3,12	B	-2,13	-74	> 20	3,12	B	4,16	2,81	B	0,02	28	> 20	3,12	A	0,06	28	> 20	3,12



Ship : Yacht\_27      Date : 18/05/2019  
Plate :Costado 1,25m x 1,25 m  
Laminate :Costado- Infusion  
Omega base :0,03 m x 0,03 m

Load : P1 11,62 kN/m2      Hydrostatic Layer1  
Results for location A  
M'x = 0,217 KN.m/m      My = -0,891 KN.m/m      Mxy = 0,00 KN.m/m  
Nx = 0,000 KN/m      Ny = 0,000 KN/m      Nxy = 0,00 KN/m  
Txz = 4,30 KN/m      Tyz = 0.00 KN/m

	σ1 Loc	σ1 Act	σ1 Rule	σ1 Ratio	σ1 SF	σ2 Loc	σ2 Act	σ2 Rule	σ2 Ratio	σ2 SF	τ12 Loc	τ12 Act	τ12 Rule	τ12 Ratio	τ12 SF	Comb . Loc	Comb . Act	Comb b. SF	τIL1 Loc	τIL1 Act	τIL1 Rule	τIL1 Ratio	τIL1 SF	τIL2 Loc	τIL2 Act	τIL2 Rule	τIL2 Ratio	τIL2 SF
1	A	-10	-150	14,56	3,12	A	23	150	6,64	3,12	A	0,80	74	> 20	3,12	A	5,14	2,81	A	0,01	28	> 20	3,12	A	0,06	28	> 20	3,12
2	A	-4,27	-70	16,47	4,06	A	47	347	7,41	4,06	A	0,37	28	> 20	3,12	A	4,00	2,81	A	0,04	30	> 20	3,12	A	0,11	30	> 20	3,12
3	A	-8,87	-150	16,92	3,12	A	19	150	7,71	3,12	A	0,69	74	> 20	3,12	A	5,97	2,81	A	0,05	28	> 20	3,12	A	0,18	28	> 20	3,12
4	A	2,45	75	> 20	4,06	A	6,19	328	> 20	4,06	A	6,36	24	3,84	3,12	A	3,88	2,81	A	0,16	26	> 20	3,12	A	0,19	26	> 20	3,12
5	A	-7,17	-150	> 20	3,12	A	16	150	9,54	3,12	A	0,55	74	> 20	3,12	A	7,39	2,81	A	-0,02	-28	> 20	3,12	A	0,33	28	> 20	3,12
6 Top	A	-0,03	-0,58	17,37	2,86	A	0,05	0,34	6,68	1,32	A	0,01	0,90	> 20	2,75	A	5,66	1,98	A	-0,01	-1,10	> 20	2,75	A	0,33	1,10	3,29	2,75
6 Bot	A	0,03	0,34	10,18	2,86	A	-0,05	-0,58	11,40	1,32	A	-0,01	-0,90	> 20	2,75	A	6,44	1,98	A	-0,01	-1,10	> 20	2,75	A	0,33	1,10	3,29	2,75
7	A	7,17	150	> 20	3,12	A	-16	-150	9,54	3,12	A	-0,55	-74	> 20	3,12	A	7,39	2,81	A	-0,02	-28	> 20	3,12	A	0,33	28	> 20	3,12
8	A	-2,45	-75	> 20	4,06	A	-6,19	-328	> 20	4,06	A	-6,36	-24	3,84	3,12	A	3,88	2,81	A	0,16	26	> 20	3,12	A	0,19	26	> 20	3,12
9	A	8,87	150	16,92	3,12	A	-19	-150	7,71	3,12	A	-0,69	-74	> 20	3,12	A	5,97	2,81	A	0,05	28	> 20	3,12	A	0,18	28	> 20	3,12
10	A	4,27	70	16,47	4,06	A	-47	-347	7,41	4,06	A	-0,37	-28	> 20	3,12	A	4,00	2,81	A	0,04	30	> 20	3,12	A	0,11	30	> 20	3,12
11	A	10	150	14,56	3,12	A	-23	-150	6,64	3,12	A	-0,80	-74	> 20	3,12	A	5,14	2,81	A	0,01	28	> 20	3,12	A	0,06	28	> 20	3,12

Ship : Yacht\_27      Date : 18/05/2019  
Plate :Costado 1,25m x 1,25 m  
Laminate :Costado- Infusion  
Omega base :0,03 m x 0,03 m

Load : P1 11,62 kN/m2      Hydrostatic Layer1  
Results for location B  
Mx = -0,812 KN.m/m      M'y = 0,187 KN.m/m      Mxy = 0,00 KN.m/m  
Nx = 0,000 kN/m      Ny = 0,000 KN/m      Nxy = 0,00 KN/m  
Txz = 0.00 KN/m      Tyz = 2,79 KN/m

	σ1 Loc	σ1 Act	σ1 Rule	σ1 Ratio	σ1 SF	σ2 Loc	σ2 Act	σ2 Rule	σ2 Ratio	σ2 SF	τ12 Loc	τ12 Act	τ12 Rule	τ12 Ratio	τ12 SF	Comb . Loc	Comb . Act	Comb b. SF	τIL1 Loc	τIL1 Act	τIL1 Rule	τIL1 Ratio	τIL1 SF	τIL2 Loc	τIL2 Act	τIL2 Rule	τIL2 Ratio	τIL2 SF
1	B	35	150	4,31	3,12	B	-1,90	-150	> 20	3,12	B	2,13	74	> 20	3,12	B	4,16	2,81	B	0,02	28	> 20	3,12	B	0,01	28	> 20	3,12
2	B	12	70	5,67	4,06	B	-20	-347	17,26	4,06	B	0,98	28	> 20	3,12	B	3,41	2,81	B	0,12	30	> 20	3,12	B	0,02	30	> 20	3,12
3	B	30	150	5,01	3,12	B	-1,63	-150	> 20	3,12	B	1,83	74	> 20	3,12	B	4,84	2,81	B	0,15	28	> 20	3,12	B	0,03	28	> 20	3,12
4	B	6,55	75	11,38	4,06	B	17	328	19,82	4,06	B	-7,09	-24	3,45	3,12	B	3,65	2,81	B	0,12	26	> 20	3,12	B	-0,13	-26	> 20	3,12
5	B	24	150	6,20	3,12	B	-1,32	-150	> 20	3,12	B	1,48	74	> 20	3,12	B	5,99	2,81	B	0,21	28	> 20	3,12	B	-0,02	-28	> 20	3,12
6 Top	B	0,07	0,34	4,83	2,86	B	-0,02	-0,58	> 20	1,32	B	0,02	0,90	> 20	2,75	B	4,50	1,98	B	0,21	1,10	5,29	2,75	B	0,00	-1,10	> 20	2,75
6 Bot	B	-0,07	-0,58	8,25	2,86	B	0,02	0,34	14,40	1,32	B	-0,02	-0,90	> 20	2,75	B	6,05	1,98	B	0,21	1,10	5,29	2,75	B	0,00	-1,10	> 20	2,75
7	B	-24	-150	6,20	3,12	B	1,32	150	> 20	3,12	B	-1,48	-74	> 20	3,12	B	5,99	2,81	B	0,21	28	> 20	3,12	B	-0,02	-28	> 20	3,12
8	B	-6,55	-75	11,38	4,06	B	-17	-328	19,82	4,06	B	7,09	24	3,45	3,12	B	3,65	2,81	B	0,12	26	> 20	3,12	B	-0,13	-26	> 20	3,12
9	B	-30	-150	5,01	3,12	B	1,63	150	> 20	3,12	B	-1,83	-74	> 20	3,12	B	4,84	2,81	B	0,15	28	> 20	3,12	B	0,03	28	> 20	3,12
10	B	-12	-70	5,67	4,06	B	20	347	17,26	4,06	B	-0,98	-28	> 20	3,12	B	3,41	2,81	B	0,12	30	> 20	3,12	B	0,02	30	> 20	3,12
11	B	-35	-150	4,31	3,12	B	1,90	150	> 20	3,12	B	-2,13	-74	> 20	3,12	B	4,16	2,81	B	0,02	28	> 20	3,12	B	0,01	28	> 20	3,12

## XXI. Resultado refuerzos de costado

Element Type :Attached Plating

$$T_{xz} = 0,00 \text{ KN} \quad T_{yz} = 0,17 \text{ KN}$$

	σ1 Act	σ1 Rule	σ1 Ratio	σ1 SF	σ2 Act	σ2 Rule	σ2 Ratio	σ2 SF	τ12 Act	τ12 Rule	τ12 Ratio	τ12 SF	Comb. Act	Com b. SF	τIL1 Act	τIL1 Rule	τIL1 Ratio	τIL1 SF	τIL2 Act	τIL2 Rule	τIL2 Ratio	τIL2 SF
1	17	150	8,82	2,50	5,10	150	> 20	2,50	0,00	74	> 20	2,50	9,92	2,25	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	6,32	70	11,13	3,24	1,45	347	> 20	3,24	0,00	28	> 20	2,50	12,66	2,25	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	17	150	8,82	2,50	5,10	150	> 20	2,50	0,00	74	> 20	2,50	9,92	2,25	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	4,97	75	14,98	3,24	18	328	18,30	3,24	-2,93	-24	8,33	2,50	13,15	2,25	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	17	150	8,82	2,50	5,10	150	> 20	2,50	0,00	74	> 20	2,50	9,92	2,25	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	30	150	5,08	2,50	8,86	150	16,92	2,50	0,00	74	> 20	2,50	5,71	2,25	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	8,64	75	8,63	3,24	31	328	10,54	3,24	-5,09	-24	4,80	2,50	7,57	2,25	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	30	150	5,08	2,50	8,86	150	16,92	2,50	0,00	74	> 20	2,50	5,71	2,25	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10	11	70	6,41	3,24	2,51	347	> 20	3,24	0,00	28	> 20	2,50	7,29	2,25	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
11	30	150	5,08	2,50	8,86	150	16,92	2,50	0,00	74	> 20	2,50	5,71	2,25	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

## XXII. Resultado cuaderna

Ship : Yacht 27      Date : 19/05/2019

Stiffener : Cuadernas 50mm x 50 mm

### Laminate :Fondo- Infusion

Element Type :Attached Plating

Load : P1 17.3 kN/m2      Hydrostatic    Layer1

$$M_x = -0.467 \text{ KN.m} \quad M_y = 0.000 \text{ KN.m} \quad M_{xy} = 0.00 \text{ KN.m}$$
$$N_x = 0.000 \text{ KN} \quad N_y = 0.000 \text{ KN} \quad N_{xy} = 0.00 \text{ KN}$$
$$T_{xz} = 0,00 \text{ KN} \quad T_{yz} = 1,07 \text{ KN}$$

	σ1 Act	σ1 Rule	σ1 Ratio	σ1 SF	σ2 Act	σ2 Rule	σ2 Ratio	σ2 SF	τ12 Act	τ12 Rule	τ12 Ratio	τ12 SF	Comb . Act	Com b. SF	τIL1 Act	τIL1 Rule	τIL1 Ratio	τIL1 SF	τIL2 Act	τIL2 Rule	τIL2 Ratio	τIL2 SF
1	8,77	150	17,11	3,12	29	150	5,13	3,12	0,00	-74	> 20	3,12	5,77	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	2,48	70	> 20	4,06	54	347	6,48	4,06	0,00	-28	> 20	3,12	Rule?	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	8,77	150	17,11	3,12	29	150	5,13	3,12	0,00	-74	> 20	3,12	5,77	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	8,55	75	8,72	4,06	31	328	10,65	4,06	5,04	24	4,85	3,12	7,65	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	8,77	150	17,11	3,12	29	150	5,13	3,12	0,00	-74	> 20	3,12	5,77	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	13	84	6,49	4,06	2,95	442	> 20	4,06	0,00	-32	> 20	3,12	7,37	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	8,77	150	17,11	3,12	29	150	5,13	3,12	0,00	-74	> 20	3,12	5,77	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	8,77	150	17,11	3,12	29	150	5,13	3,12	0,00	-74	> 20	3,12	5,77	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	2,48	70	> 20	4,06	54	347	6,48	4,06	0,00	-28	> 20	3,12	Rule?	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
11	1,59	70	> 20	4,06	34	347	10,11	4,06	0,00	-28	> 20	3,12	Rule?	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
12	5,62	150	> 20	3,12	19	150	8,00	3,12	0,00	-74	> 20	3,12	9,00	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
13	8,33	84	10,11	4,06	1,89	442	> 20	4,06	0,00	-32	> 20	3,12	11,49	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
14	5,62	150	> 20	3,12	19	150	8,00	3,12	0,00	-74	> 20	3,12	9,00	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
15	5,48	75	13,60	4,06	20	328	16,61	4,06	3,23	24	7,57	3,12	11,93	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
16	5,62	150	> 20	3,12	19	150	8,00	3,12	0,00	-74	> 20	3,12	9,00	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
17	1,59	70	> 20	4,06	34	347	10,11	4,06	0,00	-28	> 20	3,12	Rule?	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
18	5,62	150	> 20	3,12	19	150	8,00	3,12	0,00	-74	> 20	3,12	9,00	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

## XXIII. Resultado cuaderna maestra

Element Type :Attached Plating

$$T_{xz} = 0,00 \text{ KN} \quad T_{yz} = 2,45 \text{ KN}$$

	$\sigma_1$ Act	$\sigma_1$ Rule	$\sigma_1$ Ratio	$\sigma_1$ SF	$\sigma_2$ Act	$\sigma_2$ Rule	$\sigma_2$ Ratio	$\sigma_2$ SF	$\tau_{12}$ Act	$\tau_{12}$ Rule	$\tau_{12}$ Ratio	$\tau_{12}$ SF	Comb. Act	Comb. SF	$\tau_{IL1}$ Act	$\tau_{IL1}$ Rule	$\tau_{IL1}$ Ratio	$\tau_{IL1}$ SF	$\tau_{IL2}$ Act	$\tau_{IL2}$ Rule	$\tau_{IL2}$ Ratio	$\tau_{IL2}$ SF
1	13	150	11,43	3,12	44	150	3,43	3,12	0,00	-74	> 20	3,12	3,86	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	3,72	70	18,91	4,06	80	347	4,33	4,06	0,00	-28	> 20	3,12	Rule?	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	13	150	11,43	3,12	44	150	3,43	3,12	0,00	-74	> 20	3,12	3,86	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	13	75	5,83	4,06	46	328	7,12	4,06	7,54	24	3,24	3,12	5,11	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	13	150	11,43	3,12	44	150	3,43	3,12	0,00	-74	> 20	3,12	3,86	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	19	84	4,33	4,06	4,42	442	> 20	4,06	0,00	-32	> 20	3,12	4,92	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	13	150	11,43	3,12	44	150	3,43	3,12	0,00	-74	> 20	3,12	3,86	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	13	150	11,43	3,12	44	150	3,43	3,12	0,00	-74	> 20	3,12	3,86	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	3,72	70	18,91	4,06	80	347	4,33	4,06	0,00	-28	> 20	3,12	Rule?	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
11	2,38	70	> 20	4,06	51	347	6,78	4,06	0,00	-28	> 20	3,12	Rule?	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
12	8,39	150	17,89	3,12	28	150	5,37	3,12	0,00	-74	> 20	3,12	6,04	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
13	12	84	6,78	4,06	2,82	442	> 20	4,06	0,00	-32	> 20	3,12	7,70	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
14	8,39	150	17,89	3,12	28	150	5,37	3,12	0,00	-74	> 20	3,12	6,04	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
15	8,17	75	9,12	4,06	29	328	11,14	4,06	4,82	24	5,07	3,12	8,00	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
16	8,39	150	17,89	3,12	28	150	5,37	3,12	0,00	-74	> 20	3,12	6,04	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
17	2,38	70	> 20	4,06	51	347	6,78	4,06	0,00	-28	> 20	3,12	Rule?	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
18	8,39	150	17,89	3,12	28	150	5,37	3,12	0,00	-74	> 20	3,12	6,04	2,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A



## XXIV. Desglose precios del laminado

# DESGLOSE PRECIO DEL LAMINADO DE LA EMBARCACIÓN

<u>Método sandwich</u>								
Versión	<i>Cubierta</i>							
	Material	Proveedor	Cobertura	Área(m2)	Densidad (g/m2)	Peso(kg)	€/Kg – m2	Importe €
Horizontal	MAT 225	MEL	2	34,32	225	7,722	1,7	13,1274
	MAT 300	MEL	2	34,32	300	10,30	2,49	25,64 €
	MAT 450	MEL	2	34,32	450	15,44	2,49	38,46 €
	ROV 450	MEL	2	34,32	450	15,44	3,33	51,43 €
	ROV 500	MEL	2	34,32	300	10,30	4,03	138,31 €
	BALSA (9,05mm)	MEL	1	14,50		27,65	19,16	377,62 €
Vertical	MAT 225	MEL	2	29,00	225	6,53	1,70	11,09 €
	MAT 300	MEL	2	29,00	300	8,70	2,49	21,66 €
	MAT 450	MEL	2	29,00	450	13,05	2,49	32,49 €
	TISSU 500	MEL	2	29,00	500	14,50	4,03	116,87 €
	TISSU 300	MEL	2	29,00	300	8,70	3,33	96,57 €
	BALSA (9,05mm)	MEL	1	14,50				
						130,61		910,14 €

Versión	<i>Superestructura</i>							
	Material	Proveedor	Cobertura	Área(m2)	Densidad (g/m2)	Peso(kg)	€/Kg – m2	Importe €
Horizontal	MAT 225	MEL	2	12	225	2,7	1,7	4,59
	MAT 300	MEL	2	12	300	3,60	2,49	8,96 €
	MAT 450	MEL	2	12	450	5,40	2,49	13,45 €
	ROV 450	MEL	2	12	450	5,40	3,33	17,98 €
	ROV 500	MEL	2	12	300	3,60	4,03	48,36 €
	BALSA (9,05mm)	MEL	1	6		27,65	19,16	377,62 €
Vertical	MAT 225	MEL	2	6,70	225	1,51	1,70	2,56 €
	MAT 300	MEL	2	6,70	300	2,01	2,49	5,00 €
	MAT 450	MEL	2	6,70	450	3,02	2,49	7,51 €
	TISSU 500	MEL	2	6,70	500	3,35	4,03	27,00 €
	TISSU 300	MEL	2	6,70	300	2,01	3,33	22,31 €
	BALSA (9,05mm)	MEL	1	3,35				
						57,54		530,76 €

Versión	Casco Sandwich							
	Material	Proveedor	Cobertura	Área(m2)	Densidad (g/m2)	Peso(kg)	€/Kg – m2	Importe €
Lateral	MAT 225	MEL	2	55,34	225	12,4515	1,7	21,17 €
	MAT 300	MEL	2	55,34	300	16,602	2,49	41,34 €
	MAT 450	MEL	2	55,34	450	24,903	2,49	62,01 €
	ROV 500	MEL	2	55,34	500	27,67	2,49	68,90 €
	ROV 450	MEL	2	55,34	300	16,602	3,33	55,28 €
	BALSA (12,07mm)	MEL	1	27,67		0	24,72	684,00 €
Pantoque + Fondo	MAT 225	MEL	2	44,66	225	10,0485	1,7	17,08 €
	MAT 300	MEL	2	44,66	300	13,398	2,49	33,36 €
	MAT 450	MEL	2	44,66	450	20,097	2,49	50,04 €
	ROV 450	MEL	2	44,66	450	20,097	2,5	50,24 €
	ROV 500	MEL	2	44,66	500	22,33	4,03	89,99 €
	ROV 600	MEL	2	44,66	300	13,398	3,33	44,62 €
	BALSA (12,07mm)	MEL	1	22,33		0	24,72	552,00 €
						185,15		1748,86315

Balsa								
Balsa	m2	h(mm)	H(m)	m3	kg/m3	kg	€/m2	Importe €
(H) BALSA (9,05mm)	19,71	9,05	0,00905	0,18	155	27,65	19,16	377,62 €
(M) BALSA (12,07mm)	39,00	12,07	0,01207	0,47	155	72,97	24,72	964,16 €

<b>Total €</b>	1.341,78 €
----------------	------------

Cantidad de resina monolítico					
Parte	Peso (kg)	Resina %	Margen %	Resina (kg)	Peso Final (kg)
Cubierta	130,61	55	10	84,89	215,50
Casco	185,15	55	10	120,34	305,49
				<b>Total kg</b>	520,99

<b>Resinas</b>				
<b>Material</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Peso</b>	<b>Precio/Kg</b>	<b>Importe (€)</b>
resina Viniléster ortoftálica (cubierta+superestructura)	MEL	215,50	2,60	560,30
resina Viniléster isoftálica (casco)	MEL	305,49	3,07	937,85
<b>Total €</b>				<b>1.498,15 €</b>

*Gel coat*

<b>Material</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Área (m2)</b>	<b>Densidad (Kg/m2)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Precio (€/kg)</b>	<b>Importe €</b>
Gel coat	MEL	102,85	1	102,85	4,8	493,68 €

<b>Total €</b>	<b>493,68</b>
----------------	---------------

<b>Precio Final</b>	
<b>Componente</b>	<b>Importe €</b>
Cubierta	910,14
Superestructura	530,76
Casco	1748,86
Gel Coat	493,68
Resinas	1498,15

<b>Total €</b>	<b>5181,59</b>
----------------	----------------

<b>Peso Total</b>	
<b>Componente</b>	<b>Peso kg</b>
Cubierta	130,61
Superestructura	57,54
Casco	185,15
Gel Coat	479,54
Resinas	520,99

<b>Total kg</b>	<b>1373,83</b>
-----------------	----------------

